



TUGAS AKHIR – MO 141326

**STUDI PENELITIAN TRANSMISI GELOMBANG
PADA TERUMBU BUATAN HEXAGONAL
(*HEXAREEF*) DENGAN PENGARUH KONFIGURASI
HORIZONTAL DENGAN GAP**

KEVIN KURNIA MARPAUNG

NRP. 04311340000052

Dosen Pembimbing

Haryo Dwito Armono, ST, M.Eng, Ph.D

Drs. Mahmud Musta'in, M.Sc, Ph.D

DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN

FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2018



FINAL PROJECT – MO 141326

**STUDY OF WAVE TRANSMISSION ON
HEXAGONAL REEF (HEXAREEF) WITH
HORIZONTAL GAP CONFIGURATION**

KEVIN KURNIA MARPAUNG

NRP. 04311340000052

Supervisors :

Haryo Dwito Armono, ST, M.Eng, Ph.D

Drs. Mahmud Musta'in, M.Sc, Ph.D

OCEAN ENGINEERING DEPARTMENT

FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY

SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY

SURABAYA

2018

**STUDI PENELITIAN TRANSMISI GELOMBANG PADA TERUMBU
BUATAN HEXAGONAL (*HEXAREEF*) DENGAN PENGARUH
KONFIGURASI HORIZONTAL DENGAN GAP**

**HALAMAN PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Progran Studi S-1
Departemen Teknik Kelautan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Oleh:

Kevin Kurnia Marpaung
NRP. 04311340000052

Disetujui oleh :

1. Haryo Dwito Armono ST, M.Eng, PhD (Pembimbing I)
2. Drs. Mahmud. Musta'in, M.Sc, Ph.D (Pembimbing II)
3. Dr. Ir. Hasan Ikhwani, M.Sc (Penguji I)
4. Prof. Ir. Mukhtasor, M.Eng., Ph.D (Penguji II)
5. Dr. Ir. Wahyudi, M.Sc (Penguji III)



SURABAYA, 18 Januari 2018

STUDI PENELITIAN TRANSMISI GELOMBANG PADA TERUMBU BUATAN HEXAGONAL (*HEXAREEF*) DENGAN PENGARUH KONFIGURASI HORIZONTAL DENGAN GAP

Nama : Kevin Kurnia Marpaung
NRP : 04311340000052
Departemen : Teknik Kelautan
Dosen Pembimbing : Haryo Dwito Armono ST, M.Eng, PhD
Drs. Mahmud. Musta'in, M.Sc, Ph.D

ABSTRAK

Terumbu karang merupakan habitat dari berbagai jenis organisme laut dan juga menjadi salah satu bentuk perlindungan pantai yang alami. Keadaan terumbu karang saat ini telah mengalami kerusakan yang terjadi akibat faktor alam dan manusia. Dibutuhkan upaya pelestarian dengan teknologi terumbu buatan (*artificial reef*). *Artificial reef* memiliki fungsi sebagai habitat baru bagi biota laut dan juga sekaligus berfungsi untuk melindungi pantai dengan menjadi bangunan peredam gelombang yang terbenam (*submerged breakwater*) tanpa mengurangi estetika pantai. Sebagai bangunan peredam gelombang terbenam, perlu diketahui sejauh mana efektifitas terumbu buatan dalam meredam gelombang. Penelitian ini menggunakan terumbu buatan berbentuk hexagonal (*hexareef*) dengan ukuran berbeda dan konfigurasi lubang yang lebih banyak. Penelitian ini menguji pengaruh gap pada konfigurasi horizontal terhadap nilai koefisien transmisi. Kegiatan dilaksanakan di Laboratorium Lingkungan dan Energi Laut, Departemen Teknik Kelautan FTK-ITS Surabaya. Hasil analisa data menunjukkan bahwa : (1) Koefisien transmisi menurun apabila *wave steepness* meningkat, dan sebaliknya koefisien transmisi meningkat ketika *wave steepness* menurun, (2) Konfigurasi 4 (gap 0.75d) menghasilkan nilai koefisien transmisi paling kecil dengan nilai 0.683.

Kata Kunci : *Submerged breakwater, Artificial reef, Hexareef, koefisien transmisi, wave steepness*

STUDY OF WAVE TRANSMISSION ON HEXAGONAL REEF (HEXAREEF) WITH HORIZONTAL GAP CONFIGURATION

Name : Kevin Kurnia Marpaung
NRP : 04311340000052
Department : Teknik Kelautan
Supervisor : Haryo Dwito Armono ST, M.Eng, PhD
Drs. Mahmud. Musta'in, M.Sc, Ph.D

ABSTRACT

Coral reefs are serves as habitat of various types of marine organisms and also one form of natural coastal protection. However, the condition of coral reefs has been damaged naturally or by human activities. Coral reef conservation efforts are proposed with artificial reef technology. Artificial reef has a function as a new habitat for marine biota and also at the same time can protect the beach by serving as submerged breakwater without reducing the aesthetics of the beach. As submerged breakwater, the information of artificial reefs effectiveness in reducing the wave is required. In this study, hexagonal shape artificial reefs with different sizes and more hole configurations will be tested. This study examines the effect of horizontal gap configuration on the value of transmission coefficient. The experiment performed at Laboratorium Lingkungan dan Energi Laut, Departemen Teknik Kelautan FTK-ITS Surabaya. The results of the experiment show that: (1) The transmission coefficient decreases when the wave steepness increases, and conversely the transmission coefficient increases when wave steepness decreased, (2) Configuration 4 (gap 0.75d) gives the smallest transmission coefficient with value 0.683.

Keyword : Submerged breakwater, Artificial reef, Hexareef, koefisien transmisi, wave steepness

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan sebagai penulis kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat dan karuniaNya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul “Studi Penelitian Transmisi Gelombang pada Terumbu Buatan Hexagonal (*Hexareef*) dengan Pengaruh Konfigurasi Horizontal dengan Gap” dengan baik. Tugas Akhir ini disusun guna memenuhi persyaratan penting dalam menyelesaikan Program Studi Sarjana (S-1) penulis di Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan (FTK), Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.

Dalam pengerjaan dan penyusunan laporan Tugas Akhir ini, penulis menyadari masih terdapat kekurangan baik yang sengaja maupun tidak sengaja. Penulis mengharapkan adanya saran dan masukan yang membangun untuk Tugas Akhir ini ataupun untuk penelitian selanjutnya. Semoga Tugas Akhir ini dapat berguna baik bagi penulis sendiri ataupun pihak - pihak lainnya.

Surabaya, 18 Januari 2018

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam mengerjakan penelitian dan penulisan laporan untuk Tugas Akhir ini ada berbagai pihak yang ikut membantu dan memberikan dukungan berupa doa atau pun material, baik secara langsung maupun tidak langsung untuk penulis. Oleh sebab itu penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua orang tua penulis yang selalu memberikan doa, motivasi dan biaya dalam proses pengerjaan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Haryo Dwito Armono, S.T., M.Eng.,Ph.D, selaku dosen pembimbing 1 yang berkenan meluangkan waktu untuk membimbing dan memberi ilmu yang berguna dalam menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
3. Bapak Prof. Ir. Mukhtasor, M.Eng., Ph.D, Bapak Dr. Ir. Wahyudi, M.Sc dan Bapak Dr. Ir. Hasan Ikhwani, M.Sc yang telah menguji dan memberi saran yang membangun.
4. Bapak Drs. Mahmud Musta'in, M.Sc, Ph.D, selaku dosen pembimbing 2 dan kepala Laboratorium Lingkungan dan Energi Laut yang berkenan memberikan izin penggunaan laboratorium dan berkenan meluangkan waktu untuk membimbing dan memberi ilmu yang berguna dalam menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
5. Bapak Arif Mochtar, selaku teknisi Laboratorium *Flume Tank* yang berkenan meluangkan waktunya untuk membantu proses pengujian eksperimen saya.
6. Ari, Bryan, Hasnan, Olan, Okta, Abid teman seperjuangan dalam mengerjakan tugas akhir ini.
7. Adit, Aish, Nunung, Resa dan Wildan sebagai teman yang rela menunda kelulusannya untuk memotivasi penulis dan memberikan pertolongan untuk mengerjakan tugas akhir ini.
8. Keluarga Valtameri Angkatan 2013 Departemen Teknik Kelautan FTK-ITS atas kebersamaan, kekeluargaan, petualangan dan pertolongannya selama ini dalam keadaan suka dan duka.

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Permasalahan	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Dasar Teori.....	8
2.2.1 Gelombang	8
2.2.2 Gelombang Acak.....	10
2.2.3 Spektrum Gelombang JONSWAP	11
2.2.4 Energi Gelombang	12
2.2.5 Transmisi Gelombang	13
2.2.6 Pemodelan Fisik	14
2.2.7 Sebangun Geomatik	16
2.2.8 Sebangun Kinematik	17
2.2.9 Sebangun Dinamik	17
2.2.10 Kalibrasi dan Verifikasi	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	19
3.1 Metode Penelitian.....	19

3.2 Prosedur Penelitian.....	20
3.2.1 Studi Literatur	20
3.2.2 Persiapan Percobaan	20
3.2.3 Pelaksanaan Percobaan	26
3.2.4 Analisa Hasil.....	30
3.2.5 Kesimpulan	30
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	31
4.1 Analisa Dimensi	31
4.2 Percobaan	32
4.3 Analisa Data	33
4.3.1 Kalibrasi <i>Wave Probe</i>	33
4.3.2 Pengolahan Data	35
4.3.3 Gelombang Tercatat.....	39
4.3.4 Perhitungan	41
4.3.4.1 Perhitungan Energi Gelombang.....	41
4.3.4.2 Perhitungan Koefisien Transmisi.....	42
4.3.5 Uji Koefisien Transmisi Gelombang Irreguler	44
4.3.5.1 Hubungan Koefisien Transmisi dengan Wave Steepness.....	44
4.3.5.2 Hubungan Koefisien Transmisi Dengan Lebar Puncak Relatif	46
4.3.5.3 Hubungan Koefisien Transmisi Dengan Rasio Lebar Susunan	48
4.4 Perbandingan Terumbu Buatan.....	49
4.5 Pembahasan.....	52
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	55
5.1 Kesimpulan	55
5.2 Saran.....	55
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Karakteristik gelombang.....	8
Gambar 2. 2 Gerak Orbit Partikel Air di Laut Dangkal, Transisi dan Dalam.....	9
Gambar 2. 3 Definisi gelombang irregular.....	10
Gambar 3. 1 Diagram Alir Metodologi.....	19
Gambar 3. 2 Model Hexareef Tampak Atas dan Tampak Samping.....	21
Gambar 3. 3 Kolam Gelombang.....	22
Gambar 3. 4 <i>Control Panel</i> dan <i>Wave Generator</i>	22
Gambar 3. 5 <i>Wave Absorber</i>	23
Gambar 3. 6 <i>Wave Probe</i>	23
Gambar 3. 7 Komputer Kontrol.....	24
Gambar 3. 8 Ilustrasi perhitungan lebar efektif struktur.....	26
Gambar 3. 9 Variasi Konfigurasi <i>Hexareef</i>	27
Gambar 3. 10 Konfigurasi Pada Kolam Gelombang Samping dan Atas.....	29
Gambar 4. 1 <i>Wave steepness</i>	33
Gambar 4. 2 Kalibrasi <i>Probe</i>	34
Gambar 4. 3 Input Hasil Kalibrasi ke <i>Water Tide Meter</i>	34
Gambar 4. 4 Pembacaan dengan software <i>Water Tide Meter</i>	35
Gambar 4. 5 Hasil data yang didapat dari <i>Water Tide Meter</i> berupa format .csv.....	35
Gambar 4. 6 Pencatatan Gelombang dari WAVAN.....	37
Gambar 4. 7 Hasil Output WAVAN.....	39
Gambar 4. 8 Hubungan koefisien transmisi dengan <i>wave steepnes</i>	44
Gambar 4. 9 Hubungan koefisien transmisi dengan Lebar Relatif.....	47
Gambar 4. 10 Hubungan koefisien transmisi dengan lebar susunan.....	49
Gambar 4. 11 Perbandingan terumbu buatan dengan penelitian sebelumnya tentang hubungan <i>wave steepness</i> terhadap K_t	50
Gambar 4. 12 Ilustrasi perbandingan lebar susunan hexareef.....	51
Gambar 4. 13 Perbandingan hexareef dengan gap dan tanpa gap.....	52

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Batasan gelombang air dangkal, transisi dan dalam	10
Tabel 3. 1 Variasi Parameter Gelombang Yang Akan Diuji.....	25
Tabel 3. 2 Variasi Konfigurasi <i>Hexareef</i>	26
Tabel 4. 1 Penentuan Gelombang berdasarkan <i>Wave Steepness</i>	32
Tabel 4. 2 Kalibrasi <i>probe</i>	33
Tabel 4. 3 Data Hasil Kalibrasi <i>Wave Probe</i>	34
Tabel 4. 5 Data Input dan Tercatat.....	39
Tabel 4. 6 Hasil perhitungan energi gelombang	41
Tabel 4. 7 Hasil perhitungan energi gelombang dan koefisien transmisi	43
Tabel 4. 8 Lebar puncak.....	46

DAFTAR LAMPIRAN

- A. Dokumentasi
- B. Input MATLAB
- C. Tabel Perhitungan
- D. Perbandingan Perhitungan MATLAB dengan Manual
- E. Hubungan Koefisien Transmisi dengan Tinggi dan Periode Gelombang

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Permasalahan

Terumbu karang merupakan habitat dari berbagai jenis organisme laut dan juga salah satu bentuk perlindungan pantai yang alami. Keadaaan terumbu karang saat ini telah mengalami kerusakan-kerusakan yang terjadi akibat faktor alam dan manusia. Kerusakan dari faktor alam antara lain cuaca buruk dan bencana alam, sedangkan dari faktor manusia adalah penangkapan ikan dengan menggunakan bahan peledak, kegiatan penyelaman dan penambatan kapal dengan sistem jangkar (Rachmawati, 2001).

Menurut LIPI (2017), kondisi terumbu karang Indonesia secara umum adalah 6.39% berstatus sangat baik, 23.40% dalam kondisi baik, 35.06% dalam kondisi buruk, dan 35.15% dalam kondisi jelek. Kerusakan terumbu karang akan berpengaruh terhadap kelangsungan hidup ikan dan beragam biota laut lainnya serta akan mengurangi kemampuan alamiah untuk mereduksi energi gelombang sehingga kerusakan pantai seperti erosi akan bertambah parah. Dibutuhkan upaya pelestarian agar kerusakan terumbu karang dapat dicegah dengan cara transplantasi karang dan teknologi terumbu buatan (*artificial reef*).

Terumbu buatan adalah benda-benda yang digunakan untuk memberikan tempat perlindungan yang aman bagi hewan-hewan laut dan sekaligus juga meningkatkan produktifitas ikan, namun ada juga yang didesain terutama untuk mengurangi energi gelombang (Armono, 2004). Meninjau fungsi terumbu buatan yang bisa juga digunakan sebagai peredam energi gelombang, hal ini tentunya selaras dengan berkembangnya ilmu tentang rekayasa pantai yang saat ini sedang mengalami pergeseran dari pendekatan rekayasa secara teknis yang lugas (*hard engineering approach*) kearah pendekatan yang lebih mengedepankan aspek ramah lingkungan (*soft engineering approach*), misalnya bangunan pemecah gelombang yang awal ambangnya selalu terletak di atas muka air laut kini diturunkan elevasinya hingga terletak dibawah muka air laut. Suatu struktur pelindung pantai diperlukan untuk melindungi pantai terhadap erosi, namun diharapkan tidak merusak keindahan pantai (Yuwono dkk, 1997).

Pemanfaatan terumbu buatan sebagai pemecah gelombang terbenam terus mengalami perkembangan. Hal ini diperlukan supaya memberikan dampak yang signifikan sehingga perlu adanya pengembangan bentuk atau desain. Desain dengan konfigurasi tertentu dan efisiensi dari terumbu buatan itu perlu dianalisis untuk mendapatkan informasi mengenai tingkat pereduksian energi gelombang yang paling baik.

Pada penelitian ini akan membahas mengenai desain baru terumbu buatan berbentuk hexagonal (*hexareef*). *Hexareef* yang fungsinya sebagai pertumbuhan terumbu karang baru juga sebagai *submerged breakwater*. Pada penelitian tugas akhir ini akan meneliti tentang koefisien transmisi dan energi yang tereduksi dari beberapa konfigurasi *hexareef* melalui pemodelan fisik yang akan di uji coba di Laboratorium *Wave Flume*.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka dapat diambil beberapa pokok permasalahan yang akan dibahas dalam tugas akhir ini antara lain:

1. Berapa besar energi gelombang yang tereduksi akibat konfigurasi jarak horizontal pada *Hexareef*?
2. Berapa koefisien transmisi yang terjadi akibat pengaruh konfigurasi jarak horizontal pada *Hexareef*?
3. Konfigurasi jarak horizontal mana yang paling efisien memberi redaman dari beberapa konfigurasi pada *Hexareef* tersebut ?

1.3 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Mengetahui energi yang tereduksi dari setiap konfigurasi jarak horizontal pada *Hexareef*.
2. Mengetahui nilai koefisien transmisi terumbu hexagonal dari beberapa konfigurasi *Hexareef*.
3. Mengetahui konfigurasi jarak yang paling efisien untuk meredam gelombang berdasarkan nilai koefisien transmisi dan energi yang teredam.

1.4 Manfaat

Manfaat dari penelitian tugas akhir ini adalah :

1. Dapat memberikan informasi tentang daya redam gelombang *Hexareef*.
2. Dapat memberikan informasi tentang energi gelombang dan koefisien transmisi *Hexareef*.
3. Dapat memberikan informasi tentang efisiensi konfigurasi jarak horizontal *Hexareef*.

1.5 Batasan Masalah

Batasan Masalah dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Variasi tinggi dan periode gelombang ditentukan.
2. Model yang digunakan yaitu terumbu buatan bentuk *hexagonal*.
3. Arah sudut datang gelombang tegak lurus (90°) terhadap model yang ditinjau.
4. Gelombang yang digunakan adalah gelombang irregular, dengan menggunakan spektrum gelombang JONSWAP.
5. Dasar perairan model berupa rata dan kedap.
6. Tinggi elevasi muka air telah ditentukan.
7. Arus yang melewati struktur tidak dianalisa.
8. Kekuatan struktur dianggap sama dan stabil.
9. Tidak dilakukan analisa geometri dan kekuatan struktur.
10. Air yang digunakan adalah air tawar.
11. Struktur terbuat dari bahan yang telah ditentukan.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Terumbu karang terdiri dari dua kata yaitu terumbu dan karang. Istilah terumbu dan karang memiliki makna yang berlainan. Karang merujuk pada sekumpulan binatang sedangkan terumbu merupakan struktur kalsium karbonat (CaCO_3) yang dihasilkan oleh karang. Terumbu karang adalah ekosistem bawah laut yang terdiri dari sekelompok binatang karang yang membentuk struktur kalsium karbonat, semacam batu kapur. Ekosistem ini penting karena menjadi habitat hidup berbagai satwa laut.

Menurut Supriharyono (2000) terumbu karang terutama disusun oleh karang-karang jenis *anthozoa* dari kelas *Sceleractinia*, termasuk *hermatypic coral* yaitu jenis karang yang mampu membuat bangunan dengan kerangka dari kalsium karbonat (CaCO_3) cukup kuat (*reef-building coral*), sehingga mampu menahan gaya gelombang air laut. Menurut Nontji (1999), bahwa fungsi terumbu karang secara umum antara lain :

- ❖ Diantara ekosistem yang ada di daerah tropis, terumbu karang memiliki produktivitas yang paling tinggi.
- ❖ Memiliki peranan sangat penting dalam siklus rantai makanan ekosistem laut.
- ❖ Sebagai tempat *breeding*, *spawning*, *nursery*, *feeding* dan *foraging* pada sebagian besar varietas organisme laut yang memiliki nilai ekonomis penting
- ❖ Terumbu karang merupakan tempat dari keanekaragaman laut dan tempat tinggal sebagian besar varietas kehidupan laut, serta memiliki nilai ekonomis sangat tinggi baik di bidang kesehatan, farmasi, dan bidang lainnya.
- ❖ Terumbu karang dengan struktur yang keras dapat sebagai pelindung pantai dari gempuran gelombang.

Terumbu buatan (*artificial reef*) adalah sebuah bangunan atau struktur buatan manusia yang diletakkan bawah air yang karakteristiknya meniru terumbu karang (Jensen dkk, 2000). Menurut Armono (1999) terumbu buatan adalah struktur yang diletakkan di bawah air yang meniru karakteristik terumbu karang dengan material tertentu seperti dari bahan balok beton, potongan kapal, perahu kayu, mobil bekas, dan ban bekas serta bambu.

Menurut White, dkk (1990) secara umum terumbu buatan ditujukan sebagai tempat berlindung dan mencari makan dari habitat serta sebagai tempat pemijahan berbagai biota laut. Namun dapat juga berfungsi untuk menahan gelombang, membaurkan dan mengurangi energi gelombang sehingga dapat digunakan untuk perlindungan pantai (Armono 2003). Terumbu buatan telah banyak digunakan sebagai bangunan peredam gelombang yang terbenam (*submerged breakwater*) di area dekat pantai (Harris, 2003). Penempatan terumbu buatan pada umumnya ditempatkan pada daerah yang memerlukan pemulihan atau untuk peningkatan kualitas lingkungan yang rusak ditandai dengan rendahnya produktifitas lingkungan, terumbu karang yang ada telah rusak, dan area di mana diperlukan sebagai pembangkit gelombang kecil untuk kegiatan pariwisata (Armono, 2006).

Menurut Creter (1994) dalam Amenan (2008), secara umum terumbu buatan sudah dimanfaatkan sejak lama sampai sekarang, tidak hanya dari aspek lingkungan, peningkatan produksi perikanan (*fish aggregating dedices* (FADs)) dan kepentingan pariwisata, tetapi juga telah berkembang sebagai struktur pelindung pantai (*submerged breakwater*) yang ramah lingkungan (*soft engineering approach*). Menurut Harris (2002) secara umum fungsi dari terumbu buatan adalah sebagai berikut :

- ❖ Peningkatan kualitas lingkungan.
- ❖ Peningkatan produktivitas perikanan (FADs).
- ❖ Peringatan kerusakan dengan mengganti kerusakan dasar.
- ❖ Aktivitas pariwisata (*diving* dan *surfing*).
- ❖ Mengendalikan erosi pantai dan perlindungan pelabuhan (sebagai penahan gelombang dan mengurangi, membaurkan energi gelombang yang datang).

Pengurangan energi gelombang mengenai pantai dapat dilakukan dengan pembuatan bangunan pemecah gelombang sejajar pantai. Pemecah gelombang ini menirukan prinsip perlindungan alami oleh terumbu karang. Gelombang besar yang menghempas pantai dapat ditahan dan dihancurkan sebelum menuju ke garis pantai, sehingga ketika mencapai garis pantai energi gelombang telah berkurang. Kinerja peredam gelombang yaitu dengan memperkecil gelombang transmisi yang banyak dipengaruhi oleh faktor bentuk, luas permukaan struktur geometri serta karakter gelombang yang bekerja (CERC, 1984). Akibat gesekan antar luas terumbu dengan gelombang akan menyebabkan hambatan aliran, sehingga energi gelombang akan berkurang. Dengan membuat rongga-rongga, aliran dapat mengalir melalui celah-celahnya menyebabkan gesekan antara gelombang dengan struktur menjadi lebih kecil sehingga tidak membahayakan struktur.

Menurut Sidek, dkk (2007), semakin besar rongga terumbu, maka koefisien transmisi (K_t) juga menjadi lebih besar dan energi tereduksi menjadi lebih kecil. Karena bentuk silinder berlubang memungkinkan gelombang menembus struktur dan melepaskan energi dalam bentuk gelombang transmisi. Seiring berjalannya waktu bentuk terumbu buatan terus mengalami modifikasi guna mendapatkan kesesuaian dan efisiensinya sebagai pemecah gelombang, salah satunya dilakukan oleh Akhwady, dkk (2012) dengan bentuk model baru yaitu *Bottle Reef* yang diadopsi dari bentuk model silinder dan bentuk model *Turtle Reef* sehingga muncul bentuk model baru.

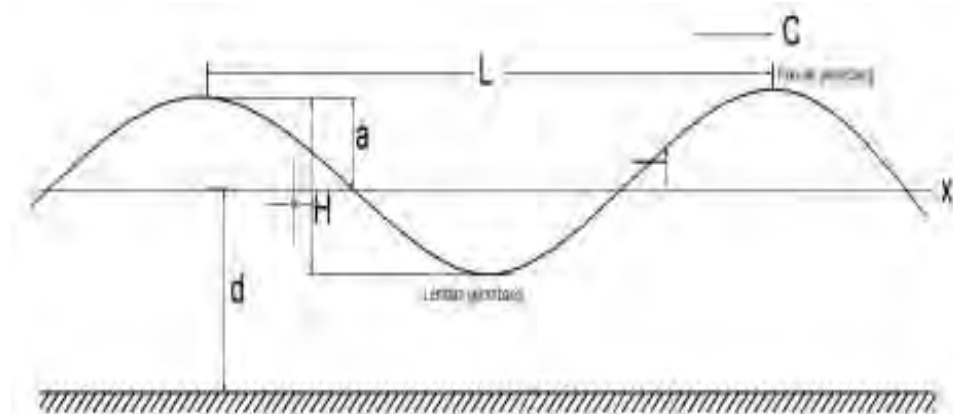
Untuk selanjutnya akan dilakukan penelitian tentang transmisi gelombang pada *hexareef* yang mengalami perubahan ukuran, berat dan penambahan rongga model untuk mendapatkan hasil yang lebih baik dari penelitian sebelumnya. Penelitian ini dilakukan dengan variasi konfigurasi jarak horizontal dengan gap yang memiliki tujuan untuk mengurangi penggunaan material apabila memiliki hasil yang sama atau pun hasil yang lebih baik dari konfigurasi tanpa gap dengan jumlah terumbu buatan bentuk hexagonal (*hexareef*) yang dapat dilihat dari penelitian ini.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Gelombang

Faktor yang sangat penting dalam perencanaan struktur pantai adalah gelombang. Beberapa teori gelombang yang ada hanya menggambarkan bentuk gelombang yang sederhana dan merupakan pendekatan gelombang alam (Triatmodjo, 2011). Teori gelombang mendeskripsikan fenomena alam dengan yang memenuhi suatu asumsi tertentu. Teori gelombang mungkin tidak valid / salah dalam mendeskripsikan fenomena lain yang tidak memenuhi asumsi tersebut (CERC, 1984). Asumsi dasar dari teori gelombang adalah sebagai berikut :

- Fluida dianggap homogen dan ideal (tidak bisa ditekan *infiscid* dan *incompressible*)
- Tekanan permukaan diabaikan
- Gaya coriolis karena rotasi bumi diabaikan
- Tekanan pada permukaan bebas dianggap konstan dan uniform
- Gerak partikel berdiri sendiri, tidak saling mengganggu dan bertubrukan selama bergerak.
- Dasar laut dianggap datar, tetap impermeable, sehingga kecepatan vertikal di dasar adalah nol
- Amplitudo gelombang relatif kecil dibandingkan panjang gelombang.

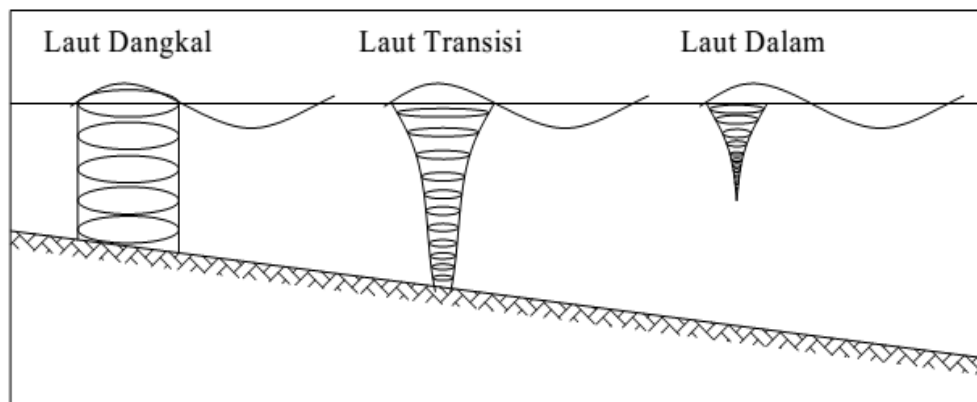


Gambar 2. 1 Karakteristik gelombang (Triatmodjo, 2011).

Gelombang juga memiliki beberapa parameter (dapat dilihat pada gambar 2.1), yaitu:

- Tinggi gelombang (H), yaitu jarak vertikal dari lembah gelombang ke puncak gelombang.
- Panjang gelombang (L_o), yaitu jarak horisontal dari puncak gelombang ke puncak berikutnya, bisa juga dikatakan sebagai jarak antara dua lembah gelombang.
- Periode gelombang (T), yaitu waktu yang ditempuh untuk mencapai satu panjang gelombang.
- Amplitudo gelombang (A), yaitu diukur dari permukaan air tenang (still water level / SWL) ke puncak gelombang atau dari SWL ke lembah gelombang. Didefinisikan $H/2$.
- Kecepatan rambat gelombang / *wave celerity* (C), yaitu perbandingan antara panjang gelombang dan periode gelombang (L/T).
- Angka gelombang (k), didefinisikan sebagai $2\pi / L$.

Gelombang di laut dapat dibedakan menjadi beberapa macam tergantung pada gaya pembangkitnya. Gelombang angin adalah gelombang yang dibangkitkan oleh tekanan angin, gelombang pasang surut yaitu gelombang yang ditimbulkan oleh gaya tarik menarik benda-benda angkasa terutama bulan dan matahari. Gelombang tsunami timbul akibat gempa bumi, letusan gunung berapi atau longsor dengan volume tanah yang besar di pantai. Gelombang lainnya adalah gelombang yang dibangkitkan oleh gerakan kapal dan lain-lain.



Gambar 2. 2 Gerak Orbit Partikel Air di Laut Dangkal, Transisi dan Dalam
(Triatmodjo, 2011)

Gelombang dapat diklasifikasikan menurut kedalaman airnya menjadi 3 kategori yaitu gelombang air dangkal, air transisi dan air dalam yang dapat dilihat pada gambar 2.2. Batasan ketiga kategori tersebut didasarkan pada ratio antara kedalaman dan panjang gelombang (d/L). Agar lebih jelas batasan ketiga kategori tersebut selanjutnya ditunjukkan pada tabel 2.1.

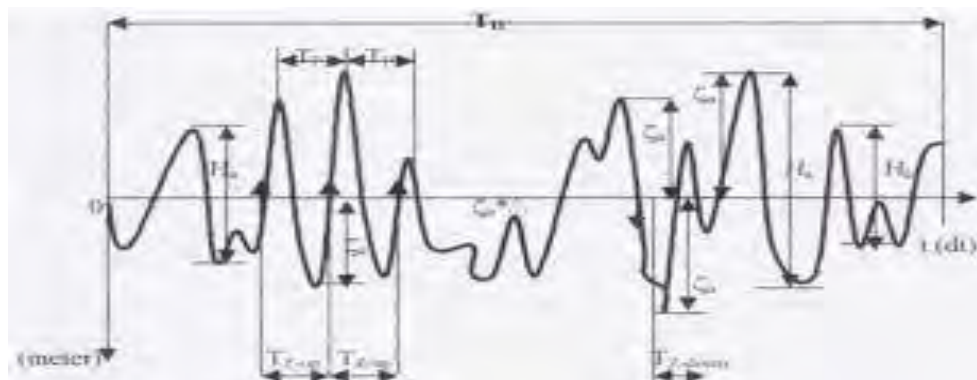
Tabel 2. 1 Batasan gelombang air dangkal, transisi dan dalam
(Triatmodjo, 2011).

Klasifikasi	d/L	$2\pi d/L$
Gelombang Laut Dalam	$>1/20$	$>\pi$
Gelombang Laut Transisi	$1/20 \text{ s/d } 1/2$	$1/4 \text{ s/d } \pi$
Gelombang Laut Dangkal	$<1/20$	$<1/4$

2.2.2 Gelombang Acak

Secara umum, gelombang di laut sangat kompleks dan sulit untuk digambarkan secara matematis diakibatkan oleh ketidaklinierannya, tiga dimensi dan mempunyai bentuk yang acak, dimana suatu deret gelombang memiliki tinggi dan periode yang berbeda, agar lebih jelas dapat dilihat pada gambar 2.3. Menurut Bhattacharyya (1972), gelombang irregular memiliki ciri-ciri sebagai berikut:

- Permukaan gelombang merupakan permukaan yang tidak beraturan
- Permukaan gelombang yang tidak beraturan selalu berubah dari waktu ke waktu dan bervariasi dari tempat ke tempat, tergantung oleh kecepatan angin.
- Dari interval ke interval, pola atau bentuk gelombang irregular tidak pernah berulang



Gambar 2. 3 Definisi gelombang irregular (Bhattacharyya, 1972).

dimana: γ	= elevasi gelombang
γ_a	= amplitudo gelombang semu (<i>apparent wave amplitude</i>)
H	= tinggi gelombang semu (<i>apparent wave height</i>)
T_r	= periode lintas nol semu (<i>apparent zero crossing period</i>)
T_c	= periode semu (<i>apparent period</i>)

Pengukuran gelombang acak dapat dilakukan dengan dua metode yaitu *zero upcrossing method* dan *zero downcrossing method*. Untuk *zero upcrossing method* hal pertama yang perlu dilakukan adalah menetapkan titik nol, dimana titik nol ini adalah elevasi rerata dari permukaan air berdasarkan fluktuasi muka air pada waktu pencatatan. Pemberian tanda titik perpotongan antara kurva naik dan garis nol, dan titik tersebut ditetapkan sebagai awal dari satu gelombang. Jarak antar kedua titik tersebut adalah periode gelombang pertama (T_1). Jarak vertikal antara titik tertinggi dan terendah di antara kedua titik tersebut adalah tinggi gelombang pertama (H_1). Dilakukan penelusuran selanjutnya untuk mendapatkan gelombang kedua, ketiga dan seterusnya. Untuk *zero downcrossing method* mempunyai prosedur yang sama, tetapi titik yang dicatat adalah pertemuan antara kurva turun dan garis nol (Triatmodjo, 2011). Dalam pencatatan gelombang irreguler dengan luaran berupa tinggi gelombang signifikan (H_s) atau $H_{1/3}$ dari jumlah gelombang yang tercatat menjadi :

$$H_s = H_{1/3} = \frac{1}{N/3} \sum_{j=1}^{N/3} H_j \dots\dots\dots (2.1)$$

$$T_s = T_{1/3} = \frac{1}{N/3} \sum_{j=1}^{N/3} T_j \dots\dots\dots (2.2)$$

dimana j adalah data yang diurutkan sesuai tinggi gelombang. Selain H_s adapula gelombang yang biasanya digunakan dalam perancangan yaitu 1/10 (tinggi gelombang rata-rata pada satu persepuluh data gelombang tertinggi).

2.2.3 Spektrum Gelombang JONSWAP

JONSWAP merupakan singkatan dari *Joint North Sea Wave Project*, yakni proyek yang dilakukan secara bersama-sama oleh sejumlah negara untuk melakukan penelitian gelombang di perairan *North Sea*. Menurut Hasselman dkk (1973, 1978) dalam (Djarmiko, 2012) formula atau persamaan untuk spektra

JONSWAP dapat ditulis dengan modifikasi dari persamaan P-M, dengan memasukkan parameter-parameter yang akan mengakomodasi karakteristik gelombang perairan tertutup atau kepulauan. Persamaan spektra JONSWAP dapat dilihat sebagai berikut :

$$S(\omega) = \alpha g^2 \omega^{-5} \exp \left[-125 \left(\frac{\omega}{\omega_0} \right)^{-4} \right] \gamma^{\exp \left[\frac{-(\omega - \omega_0)^2}{2\tau^2 \omega_0^2} \right]} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana : α : $0.076(X_0)^{-0.22}$

X_0 : gX/U_w^2

X : panjang fetch

U_w : kecepatan angin

α : 0.0081 jika X tidak diketahui

γ : parameter ketinggian atau *peakednes parameter*

τ : parameter bentuk atau *shape parameter*

τ : 0.07 untuk $\omega \leq \omega_0$

τ : 0.07 untuk $\omega > \omega_0$

ω_0 : $2\pi(\frac{g}{U_w})(X_0)^{-0.33}$

2.2.4 Energi Gelombang

Proses pembentukan gelombang merupakan bentuk perpindahan dari energi angin menjadi energi gelombang. Periode dan tinggi gelombang yang terbentuk sangat dipengaruhi oleh kecepatan angin, panjang fetch dan lama angin berhembus. Menurut teori gelombang Airy, energi pada gelombang merupakan penjumlahan energi kinetik dan energi potensial. Energi kinetik adalah energi gelombang yang diakibatkan oleh kecepatan partikel gelombang, yang dirumuskan sebagai berikut:

$$E_K = \frac{1}{16} \rho g H^2 L \dots\dots\dots (2.4)$$

Energi potensial adalah energi hasil perbedaan elevasi permukaan gelombang, yang dirumuskan sebagai berikut :

$$E_P = \frac{1}{16} \rho g H^2 \dots\dots\dots (2.5)$$

Jadi energi kinetik dan energi potensial adalah sama dan energi total tiap satu satuan lebar adalah :

$$E = E_K + E_P = \frac{\rho g H^2 L}{8} \dots\dots\dots (2.6)$$

Energi gelombang adalah berubah dari satu titik ke titik yang lain sepanjang satu panjang gelombang, dan energi rerata satu satuan luas adalah :

$$\bar{E} = \frac{E}{L} = \frac{\rho g H^2}{8} \dots\dots\dots (2.7)$$

2.2.5 Transmisi Gelombang

Respon garis pantai terhadap keberadaan pemecah gelombang dikendalikan oleh sedikitnya 14 variabel, delapan diantaranya adalah variabel yang sangat berperan yaitu :

- a. Jarak dari pantai
- b. Panjang struktur
- c. Karakteristik transmisi dari struktur
- d. Kemiringan dasar pantai
- e. Tinggi gelombang
- f. Periode gelombang
- g. Orientasi sudut dari struktur
- h. Arah gelombang dominan.

Ketika gelombang datang mengenai suatu struktur yang *porous* maka ada sebagian gelombang yang diteruskan atau ditransmisikan yang disebut dengan gelombang transmisi. Gelombang yang diteruskan atau ditransmisikan melalui struktur *submerged breakwater* dinyatakan dengan gelombang transmisi H_t . Analisis transformasi gelombang pada pemecah gelombang dilakukan dengan mempertimbangkan berbagai variabel non-dimensional dalam bentuk grafik. Proses transmisi gelombang didefinisikan sebagai K_t , yaitu rasio antara tinggi gelombang transmisi (H_t) dan tinggi gelombang datang (H_i) atau akar dari energi gelombang transmisi (E_t) dengan energi gelombang datang (E_i) yang dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$K_t = \frac{H_t}{H_i} = \left(\frac{E_t}{E_i} \right)^{1/2} \dots\dots\dots (2.8)$$

Dengan : K_t : koefisien transmisi

H_i : tinggi gelombang datang (m)

H_t : tinggi gelombang transmisi (m)

E_i : energi gelombang datang (joule/m)

E_t : energi gelombang transmisi (joule/m)

Harga K_t berada diantara 0 – 1, dimana 0 menunjukkan transmisi gelombangnya lemah, sedangkan 1 menunjukkan transmisi gelombangnya kuat atau tinggi gelombang transmisi hampir sama dengan tinggi gelombang datang.

Beberapa studi mengenai transmisi gelombang telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya, baik secara model fisik, model numeris atau kedua-duanya terhadap berbagai macam struktur *submerged breakwater* dengan berbagai macam karakteristik gelombang, tipe breakwater dan geometri struktur yang ditinjau.

Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa koefisien transmisi dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu tinggi gelombang datang (H_i), periode gelombang (T), kecuraman gelombang (H/gT^2), tinggi relatif pemecah gelombang (h/d), lebar puncak struktur (B) dan *freeboard* (F). Efek tinggi gelombang datang, kemiringan sisi struktur, dan lebar puncak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap besarnya transmisi gelombang. Struktur dengan sisi lebih curam (sudut lebih besar) melewatkan gelombang lebih besar dibandingkan dengan sisi yang lebih landai, baik untuk kondisi puncak tenggelam maupun tidak. Secara fisik perbedaan ini dapat dijelaskan dengan efek gesekan dasar. Energi gelombang yang berjalan sepanjang slope akan terdisipasi melalui gesekan permukaan. Sisi yang landai mempunyai panjang yang lebih besar dibandingkan dengan sisi tegak, sehingga energi gelombang akan terdisipasi lebih besar yang menyebabkan transmisi gelombang menjadi lebih kecil.

2.2.6 Pemodelan Fisik

Pemodelan fisik dapat diartikan sebagai percobaan yang dilakukan dengan membuat bentuk model yang sama dengan prototipenya dengan ukuran lebih kecil dengan kesebangunan atau similarits yang cukup memadai. Pemodelan fisik dilakukan apabila fenomena dari permasalahan yang ada pada prototipe sulit untuk diperoleh karena berbagai keterbatasan dan juga tidak bisa diselesaikan secara matematis saja. Studi lapangan dapat menyediakan data yang akurat, tetapi

biasanya membutuhkan biaya yang tinggi dan memuat variabel alam yang dapat menyebabkan kesulitan dalam interpretasi data. Efek-efek fisik antara elemen fluida merupakan hal yang sangat berpengaruh untuk suatu penelitian mengenai karakter fluida. Dengan model fisik, hal tersebut dapat divisualisasikan dan dapat dijamin keakuratannya. Hasil visualisasi tersebut mungkin merupakan hal yang tidak bisa dihasilkan secara teoritis atau dengan menggunakan perhitungan komputer (Hughes, 1993). Beberapa kekurangan pemodelan fisik :

1. Adanya efek skala, terjadi karena model dibuat lebih kecil dari prototipenya. Semua variabel yang relevan tidak mungkin dimodelkan dalam hubungan yang benar satu sama lain, dengan kata lain efek skala menyederhanakan masalah melalui asumsi pada pemodelan numerik.
2. Efek Laboratorium, yaitu hal yang dapat mempengaruhi proses simulasi secara keseluruhan bila tidak dilakukan pendekatan yang sesuai dengan prototipenya. Efek laboratorium biasanya muncul karena ketidakmampuan untuk menghasilkan kondisi pembebanan yang realistis karena adanya pengaruh keterbatasan yang dimiliki model terhadap proses yang disimulasikan.
3. Fungsi gaya dan kondisi batas yang bekerja di alam tidak disertakan dalam pemodelan, sebagai contoh adalah gaya geser angin pada permukaan.
4. Biaya pelaksanaan pemodelan fisik lebih mahal dibandingkan pemodelan numerik.

Menurut Dean dan Dalrymple (1991), terdapat dua keuntungan dari pemodelan fisik, yaitu :

1. Dalam pemodelan fisik, persamaan yang dipakai tanpa menyederhanakan asumsi yang biasanya digunakan untuk model analitis atau model numerik
2. Dari segi biaya untuk pengumpulan data, adanya model dalam skala kecil akan mempermudah pencatatan data dan pengurangan biaya, bila dibandingkan dengan pengumpulan data lapangan tentu lebih sulit dan mahal juga pengukuran data lapangan yang simultan sulit dicapai.

Keuntungan dari pemodelan fisik adalah adanya kebebasan dalam melakukan percobaan yang memungkinkan dibuat simulasi keadaan yang ada di alam yang sangat bervariasi. Penggunaan model fisik sampai saat ini masih merupakan alternatif metode terbaik untuk meneliti dan memverifikasi penyelesaian dalam bidang rekayasa teknik pantai.

Konsep dasar pemodelan dengan bantuan skala model adalah membentuk kembali masalah atau fenomena yang ada di prototipe dalam skala yang lebih kecil, sehingga fenomena yang terjadi di model akan sebangun (mirip) dengan yang ada di prototipe. Kesebangunan yang dimaksud adalah berupa sebangun geometrik, sebangun kinematik dan sebangun dinamik (Yuwono, 1996). Hubungan antara model dan prototipe diturunkan dengan skala, untuk masing-masing parameter mempunyai skala tersendiri dan besarnya tidak sama. Skala dapat didefinisikan sebagai rasio antara nilai yang ada di prototipe dengan nilai parameter tersebut pada model.

2.2.7 Sebangun Geometrik

Sebangun geometrik dipenuhi apabila model dan prototipe mempunyai bentuk yang sama tetapi ukurannya berbeda, berarti perbandingan antara semua ukuran panjang adalah sama. Ada dua macam sebangun geometrik yaitu :

1. Sebangun geometrik sempurna :

Pada skala panjang arah horizontal (skala panjang) dan skala panjang arah vertikal (skala tinggi) adalah sama.

2. Sebangun geometrik dengan distorsi (*distorted*).

Pada skala panjang arah horizontal (skala panjang) tidak sama dengan skala panjang arah vertikal (skala tinggi).

$$nL = \frac{L_p}{L_m} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dengan : nL : Skala Panjang

Lp : Ukuran prototipe

Lm : Ukuran model

2.2.8 Sebangun Kinematik

Sebangun kinematik adalah kesebangunan yang memenuhi kriteria sebangun geometrik dengan perbandingan kecepatan dan percepatan aliran di dua titik pada model dan prototip pada arah yang sama adalah sama besar. Kesebangunan kinematik dapat didefinisikan dengan nilai-nilai sebagai berikut :

- Skala Waktu

$$n_T = \frac{T_p}{T_m} \dots\dots\dots (2.10)$$

- Skala Kecepatan

$$n_u = \frac{U_p}{U_m} = \frac{\frac{l_p}{T_p}}{\frac{l_m}{T_m}} = \frac{nL}{nT} \dots\dots\dots (2.11)$$

- Skala Percepatan

$$n_a = \frac{a_p}{a_m} = \frac{\frac{l_p}{T_p^2}}{\frac{l_m}{T_m^2}} = \frac{nL}{nT} \dots\dots\dots (2.12)$$

2.2.9 Sebangun Dinamik

Sebangun dinamik adalah kesebangunan yang memenuhi kriteria sebangun geometrik dan kinematik. Perbandingan gaya-gaya yang bekerja pada model dan prototipe untuk seluruh aliran pada arah yang sama adalah sama besar. Gaya-gaya yang dimaksud adalah gaya inersia, gaya tekanan, gaya berat, gaya gesek, gaya kenyal dan tegangan permukaan. Untuk menentukan skala model dalam hubungannya dengan kesebangunan dinamik, maka dipilih gaya-gaya yang penting saja. Beberapa sebangun dinamik yaitu sebangun dinamik Reynold (*Reynold number*) yang diekspresikan sebagai perbandingan gaya inersia terhadap gaya gesek, sebangun dinamik Froude (*Froude Number*) yaitu perbandingan gaya inersia dan gravitasi, bilangan Cauchy (*Chaucy Number*) yaitu perbandingan antara gaya inersia dan gaya elastik serta bilangan Weiber (*Weiber Number*) yaitu perbandingan antara gaya inersia dan gaya tegangan permukaan.

- Gaya inersia

$$F_I = M \cdot a = \rho L^3 \cdot \frac{L}{T^2} = \rho U^2 \cdot L^2 \dots\dots\dots (2.13)$$

- Gaya tekanan

$$F_p = \rho \cdot A = \rho L^2 \dots\dots\dots (2.14)$$

- Gaya berat

$$F_w = M \cdot g = \rho L^3 \cdot g \dots\dots\dots (2.15)$$

2.2.10 Kalibrasi dan Verifikasi

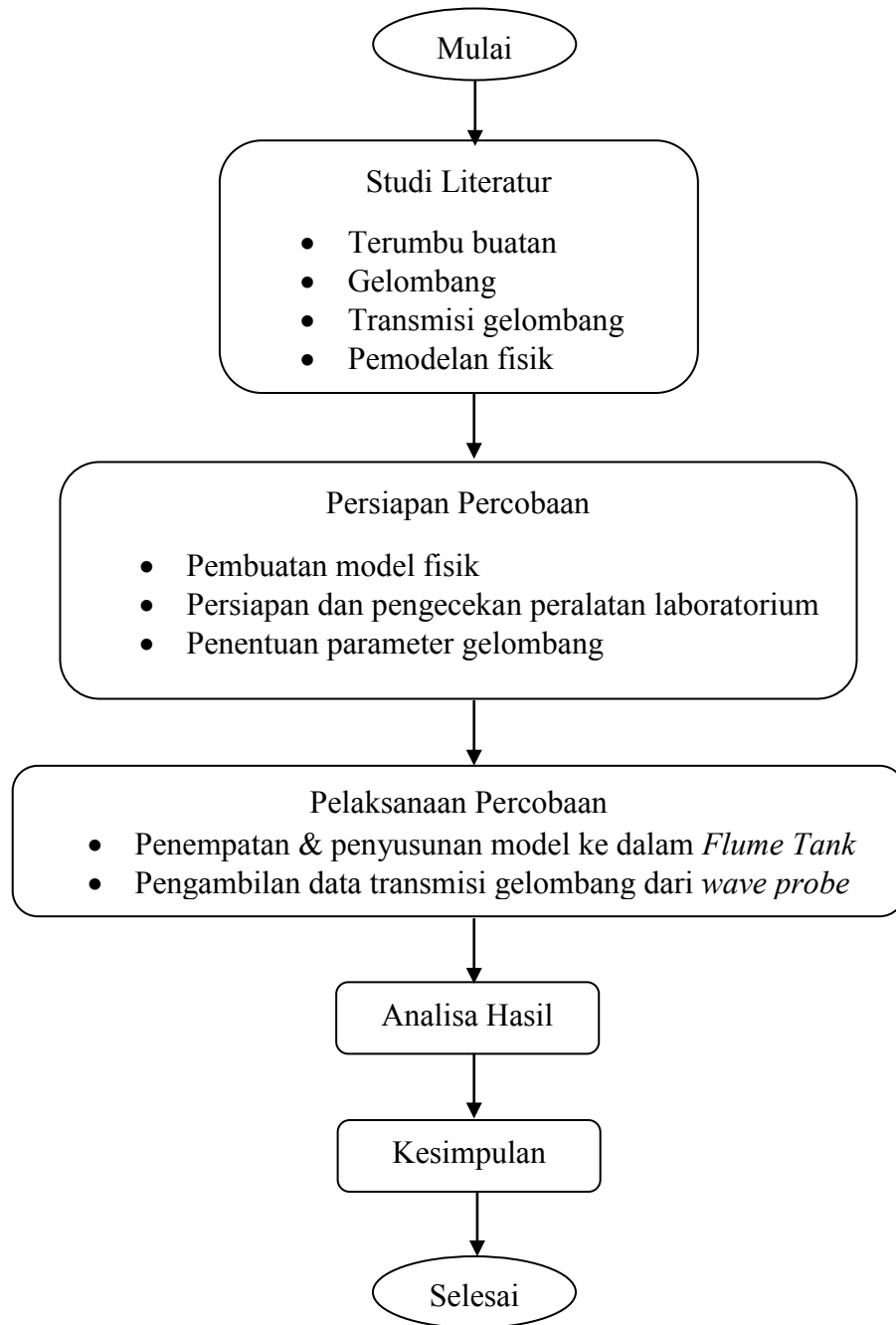
Kalibrasi adalah pengaturan model supaya data-data yang ada di prototipe sesuai dengan yang ada di model. Setelah model memenuhi syarat kalibrasi lalu dilakukan pengecekan tahap yang disebut verifikasi. Verifikasi adalah pembuktian bahwa model sudah sesuai dengan yang ada di prototipe tanpa merubah atau mengatur model lagi. Kalibrasi dan verifikasi suatu model merupakan suatu keharusan, namun pada kasus tertentu kalibrasi dan verifikasi tidak dapat dilakukan mengingat barang yang ada pada prototipe belum ada misalnya pada model bendung, pintu air, bangunan pelimpah.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Untuk menyelesaikan tugas akhir ini melewati tahap-tahap pengerjaan yang akan digambarkan pada diagram alir sebagai berikut :



Gambar 3. 1 Diagram Alir Metodologi

3.2 Prosedur Penelitian

Penjelasan langkah-langkah dalam mengerjakan tugas akhir ini dapat dilihat dan dipahami pada penjelasan sebagai berikut.

3.2.1 Studi Literatur

Pada langkah pertama ini berisi tentang kegiatan mencari, mengkaji dan mengumpulkan materi terkait dengan penelitian yang akan dilakukan agar memiliki pemahaman lebih terhadap langkah-langkah yang akan dilakukan dalam pengerjaan tugas akhir. Literatur yang digunakan antara lain jurnal, tugas akhir, buku, thesis dan juga internet. Dari studi literatur yang telah dikumpulkan dan dipahami dapat disusun suatu rancangan penelitian dan metode pelaksanaan penelitian untuk mencapai tujuan yang diinginkan.

3.2.2 Persiapan Percobaan

Dalam langkah ini perlu diketahui bahwa jenis penelitian yang dilakukan adalah eksperimen, dimana kondisi tersebut dibuat dan diatur oleh peneliti dengan mengacu pada literatur-literatur yang berkaitan dengan penelitian tersebut, serta adanya kontrol dengan tujuan mengetahui ada tidaknya hubungan sebab akibat.

Pada langkah ini hal-hal yang akan dilakukan yaitu :

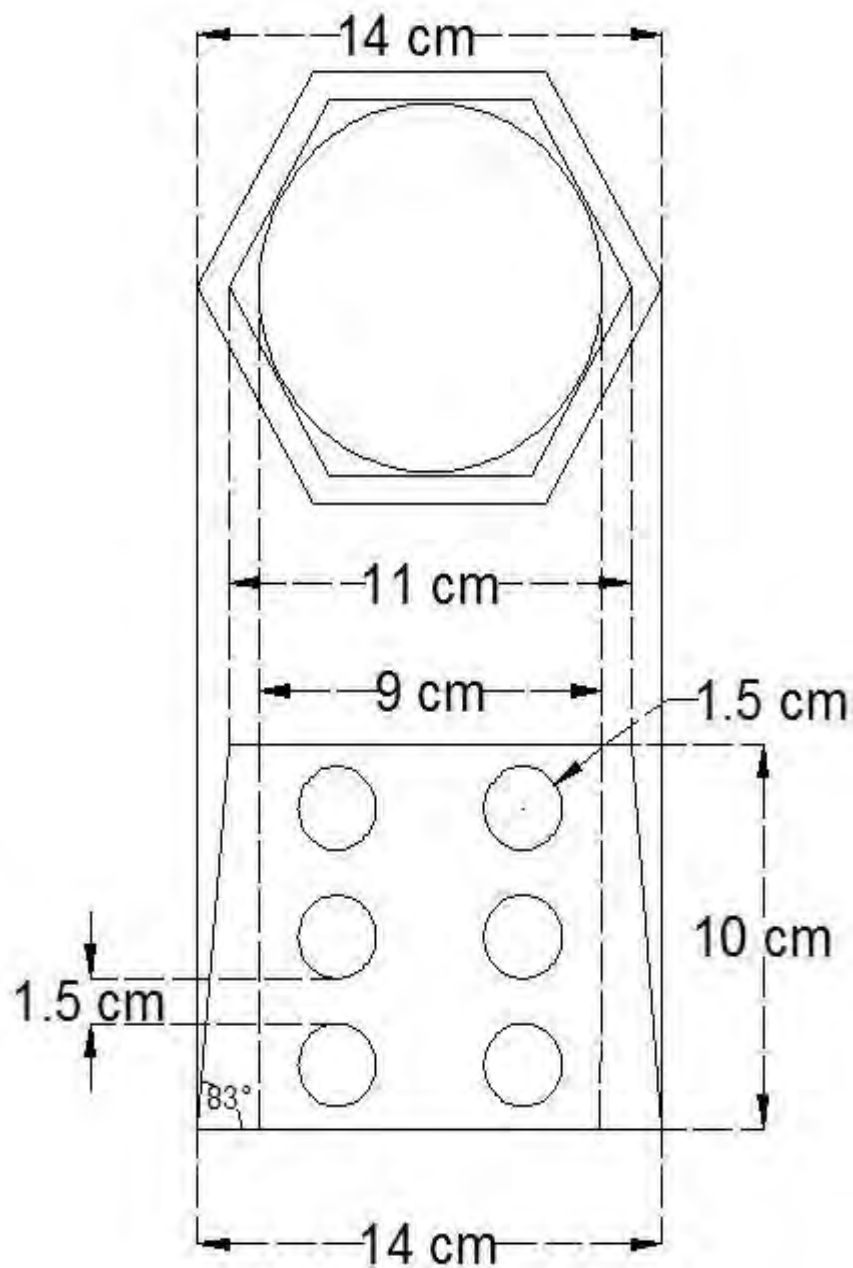
a) Pembuatan model fisik

Pembuatan model fisik untuk penelitian ini diharapkan lebih mendekati dengan keadaan sesungguhnya . Model fisik terumbu buatan ini berbentuk hexagonal yang dilakukan dengan prinsip sebangun geometrik *undistorsed* yang dapat dilihat pada gambar 3.2 agar lebih jelas. Dimana didapat skala panjang arah horizontal sama dengan skala panjang arah vertikal. Maka ukuran skala model yang di dapat adalah 1 : 10. Syarat sebangun geometrik dan dimensi dari model dapat dilihat pada persamaan 3.1.

Skala Panjang

$$n_L = \frac{L_p}{L_m} = \frac{150}{15} = 10 \dots\dots\dots (3.1)$$

Dengan : n_L = skala panjang
 L_p = panjang pada prototip
 L_m = panjang pada model



Gambar 3. 2 Model Hexareef Tampak Atas dan Tampak Samping

b) Persiapan dan Pengecekan Peralatan Laboratorium

Percobaan untuk penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Lingkungan dan Energi Laut, Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, ITS. Sebelum melakukan penelitian sangat penting untuk mengetahui peralatan laboratorium, diantaranya :

- Kolam Gelombang (*Flume Tank*)

Merupakan fasilitas utama dalam pelaksanaan penelitian ini, karena sebagai tempat dilakukannya penelitian terumbu buatan. Ukuran pada *Flume Tank* yaitu panjang 20m, tinggi, 2,3m dan lebar 2,5m. Agar dapat lebih jelas dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3. 3 Kolam Gelombang

- Pembangkit Gelombang / *Wave Generator*

Alat yang difungsikan berfungsi untuk membangkitkan atau membuat gelombang buatan. Pembangkit gelombang ini dapat membangkitkan gelombang regular ataupun irregular yang dapat dilihat pada gambar 3.4. Hal ini sangat membantu penelitian dalam mendapatkan data dari model yang diuji. Pembangkit gelombang dinyalakan melalui *control panel* dan diatur ketinggian dan periode gelombangnya oleh komputer kendali.



Gambar 3. 4 *Control Panel* (kiri) dan *Wave Generator* (kanan)

- *Wave Absorber*

Berfungsi sebagai peredam gelombang agar gelombang yang telah dibangkitkan pada kolam uji tidak terpantul. Terbuat dari stainless steel dan bahan kimia dengan panjang 3m. Wave absorber ini diletakkan pada ujung kolam gelombang, agar lebih jelas dapat dilihat pada gambar 3.5.



Gambar 3. 5 *Wave Absorber*

- *Wave Probe*

Alat pengukur tinggi gelombang, ketika alat tersebut tercelup air maka elektroda tersebut mengukur konduktivitas air yang secara proporsional sesuai dengan perubahan elevasi muka air. Alat ini akan mencatat 50 setiap detiknya, agar lebih jelas dapat dilihat pada gambar 3.6.



Gambar 3. 6 *Wave Probe*

- Kalibrasi

Kalibrasi pada *probe* dilakukan dengan cara sebagai berikut :

- Memilih menu kalibrasi pada software *Wave Tide Meter*
- Tentukan kedalaman maksimal yang akan digunakan untuk kalibrasi, kemudian memasukkan *probe* ke air sampai batas bawah (titik 0mm) maka akan muncul data kapasitansi dari sensor dan masukkan angka yang muncul kedalam kolom minimal sesuai angka yang muncul.
- Memasukkan kembali *probe* dengan penambahan kedalaman setiap 10 cm sampai batas atas sesuai pilihan kedalaman maksimal yang ditentukan sebelumnya dan akan muncul kembali angka kapasitansi pada kolom maksimal, masukkan angka tersebut kedalam kolom maksimal.
- Setelah selesai pilih save > disconnect > OK.
- Restart *Wave Tide Meter*.

- Komputer Kontrol

Komputer ini berfungsi sebagai alat perekam data pengujian yang nantinya hasil percobaan akan diketahui secara digital, agar lebih jelas dapat dilihat pada gambar 3.7.



Gambar 3. 7 Komputer Kontrol

Komputer yang tersedia di laboratorium ini memiliki spesifikasi sebagai berikut :

Type	: Desktop type
CPU	: Pentium (266MHz)
RAM	: 64 MB
Hard Disk	: 3 GB
CRT	: 14 inch
Expanded Slot	: two
CD-ROM Drive	: one
Floppy Disk Drive	: 3,5 inch . 1,4 MB
System Software	: Windows 95, MS-DOS Version 6.2

c) Penentuan Parameter Gelombang

Langkah selanjutnya yaitu menentukan parameter gelombang yang akan diuji sebagai input dan yang akan dianalisa sebagai hasil dari percobaan. Parameter yang digunakan adalah tinggi gelombang (H) dan periode gelombang (T). Parameter gelombang tersebut akan diuji pada setiap konfigurasi yang telah ditentukan juga, yang dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Variasi Parameter Gelombang Yang Akan Diuji

NO	Tipe Gelombang	Tinggi Gelombang	Periode Gelombang	Durasi
		H	T	
		(m)	(s)	
1	Irregular	0.02	1.1	180
2	Irregular	0.02	1.2	180
3	Irregular	0.03	1.2	180
4	Irregular	0.04	1.2	180
5	Irregular	0.06	1.2	180
6	Irregular	0.04	1.3	180
7	Irregular	0.05	1.3	180
8	Irregular	0.05	1.4	180

3.2.3 Pelaksanaan Percobaan

Dalam langkah ini model akan disusun sesuai variasi konfigurasi yang telah ditentukan dan diuji dengan variasi parameter gelombang yang telah ditentukan juga. Hal-hal yang dilakukan yaitu :

a) Penempatan & penyusunan model ke dalam *wave flume*

Model yang diuji akan disusun didalam *wave flume* berdasarkan beberapa konfigurasi yang telah ditentukan untuk diteliti. Konfigurasi model akan divariasikan dengan konfigurasi horizontal dengan jarak (*gap*) yang telah ditentukan yang dapat dilihat pada tabel 3.2.

Tabel 3. 2 Variasi Konfigurasi *Hexareef*

Konfigurasi	Gap	Lebar puncak	Tinggi Struktur	Freeboard
	(m)	(m)	(m)	(m)
1 (0d)	0	0.52	0.1	0.2
2 (0.25d)	0.037	0.434	0.1	0.2
3 (0.5d)	0.075	0.43	0.1	0.2
4 (0.75d)	0.112	0.427	0.1	0.2
5 (1d)	0.150	0.424	0.1	0.2

Untuk mendapatkan lebar puncak pada konfigurasi 2-5 kita harus menghitung lebar efektif puncak struktur. Lebar efektif puncak struktur dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 3.2 :

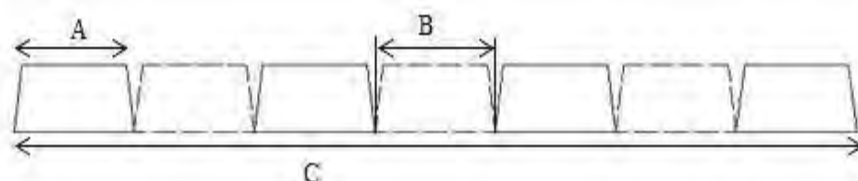
$$nA - \frac{B}{C} A \dots\dots\dots(3.2)$$

dimana A = lebar puncak struktur (cm)

B = perbandingan lebar gap dengan lebar struktur

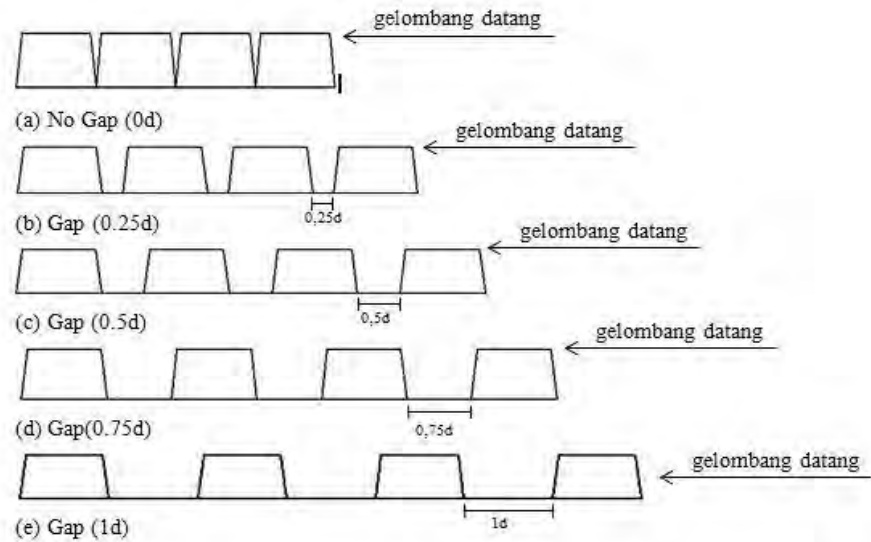
C = perbandingan lebar keseluruhan struktur dengan lebar struktur

Contoh dalam eksperimen ini pada konfigurasi 5 dengan jarak gap 1 d, maka dapat diilustrasi seperti gambar 3.8.



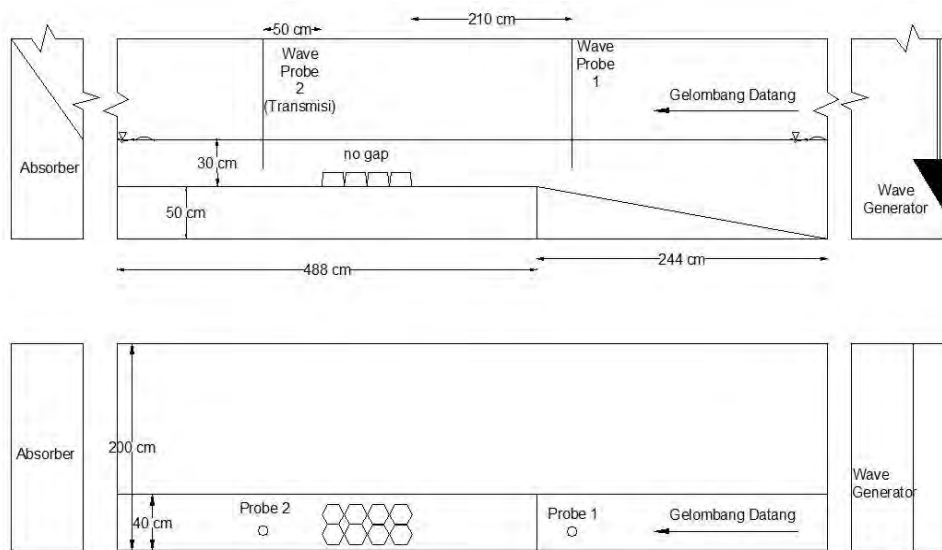
Gambar 3. 8 Ilustrasi perhitungan lebar efektif struktur

maka diperoleh panjang $A = 11$ cm, nilai $B = 1$ dan nilai $C = 7$. Dari nilai tersebut akan diperoleh lebar efektif puncak struktur sebesar 42.429cm. Penyesunan konfigurasi terumbu buatan bentuk hexagonal agar lebih jelas dapat dilihat pada gambar 3.9.

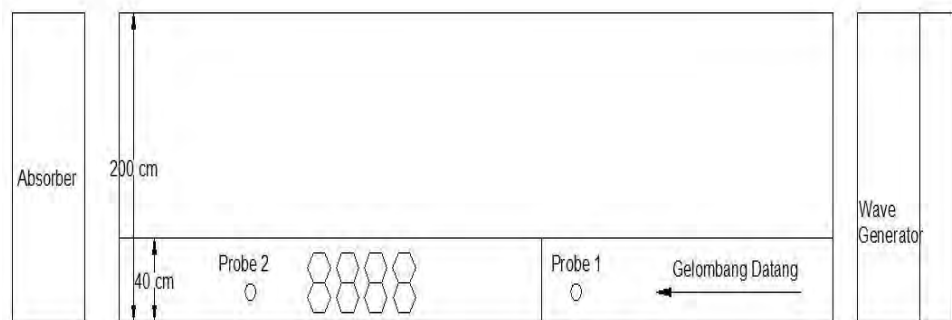
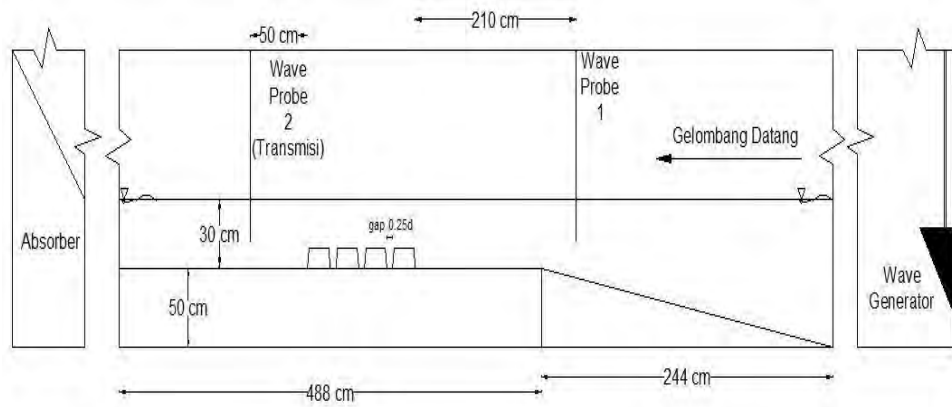


Gambar 3. 9 Variasi Konfigurasi *Hexareef*

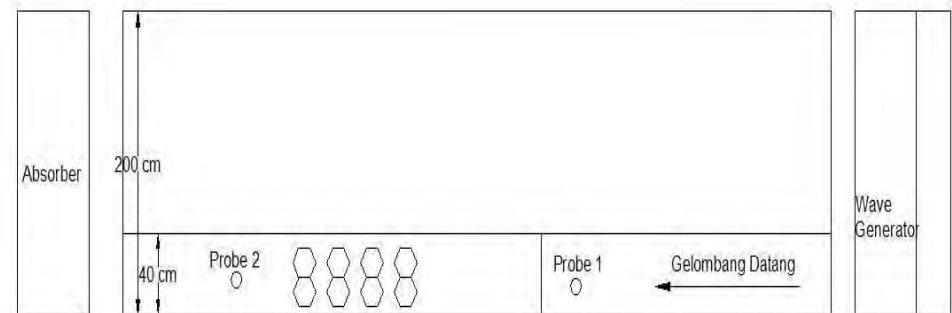
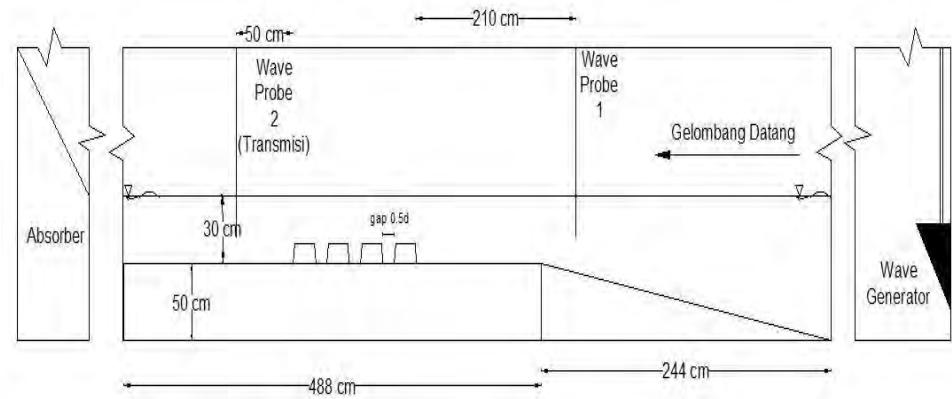
Penyesunan konfigurasi model *Hexareef* akan dilakukan pada kolam gelombang sebagai tempat dilakukannya percobaan penelitian ini. Konfigurasi akan disusun di dalam kolam gelombang yang telah memiliki alas untuk pengujian *Hexareef* yang dapat dilihat pada gambar 3.10 agar lebih jelas.



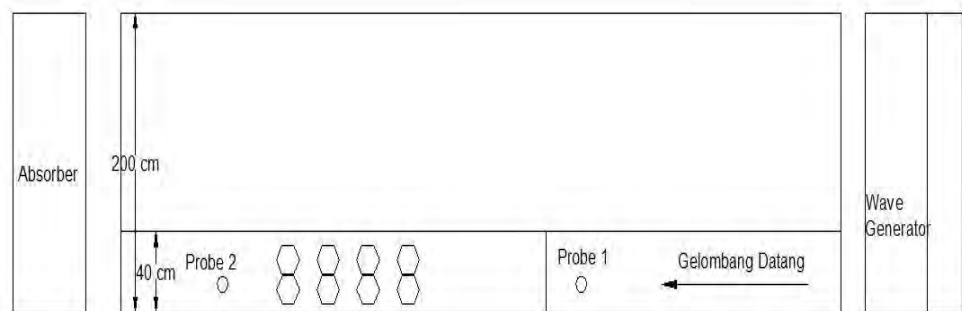
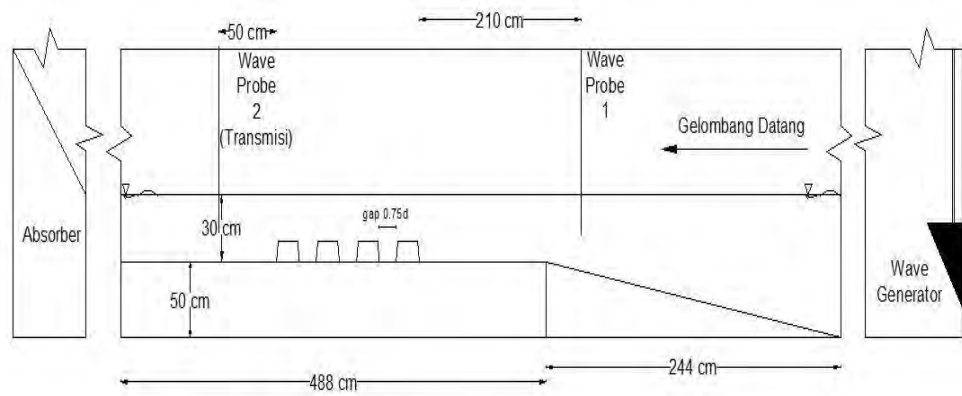
(1) No Gap



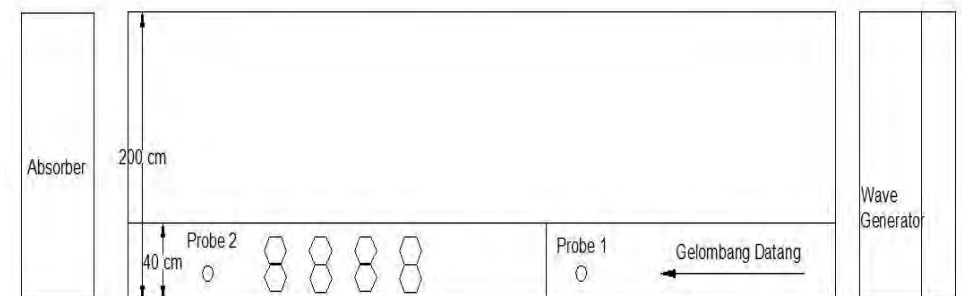
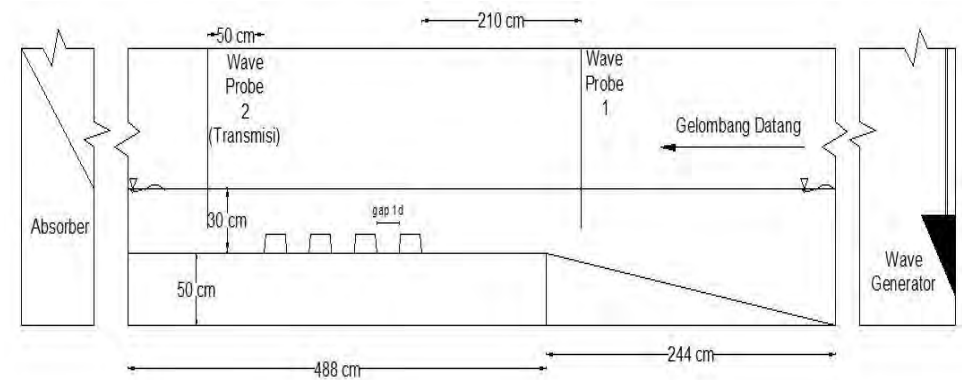
(2) Gap 0.25d



(3) Gap 0.5d



(4) Gap 0.75d



(5) Gap 1d

Gambar 3. 10 Konfigurasi Pada Kolam Gelombang Samping dan Atas

b) Pengambilan data transmisi gelombang

Semua rancangan konfigurasi yang telah ditetapkan akan di uji, dengan memasukkan terumbu buatan ke *Flume Tank* dan disusun sesuai konfigurasi pada semua rancangan variasi parameter gelombang (tinggi gelombang dan periode gelombang) yang telah di tentukan. Pengambilan data transmisi gelombang didapat dari *wave probe* yang mencatat tinggi dan periode gelombang selama proses pengujian berlangsung.

3.2.4 Analisa Hasil

Data yang didapat kemudian diolah sesuai dengan rumus perhitungan yang ada pada dasar teori untuk memperoleh koefisien transmisi dan energi gelombang. Hasil perhitungan akan ditampilkan dalam bentuk grafik dan tabel. Sehingga dapat dengan mudah dipahami perbedaan koefisien transmisi dan energi yang tereduksi dari setiap konfigurasi yang diuji.

3.2.5 Kesimpulan

Dari hasil analisa yang dilakukan akan diperoleh nilai koefisien transmisi dan energi yang teredam dari setiap konfigurasi yang diuji. Nilai tersebut akan dibandingkan dengan masing-masing konfigurasi sehingga dapat mengetahui konfigurasi mana yang paling baik untuk meredam gelombang model hexagonal.

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Dimensi

Analisa dimensi adalah metode untuk mengurangi jumlah kerumitan variabel eksperimen yang mempengaruhi gejala fisik tertentu, dengan menggunakan semacam teknik peringkasan. Jika suatu masalah tergantung pada n variabel berdimensi, analisa dimensi akan menyederhanakan permasalahan tersebut sehingga hanya tergantung pada k variabel tak berdimensi (parameter). Jumlah parameter dalam suatu eksperimen dapat ditentukan dengan cara, jumlah variabel dikurangi jumlah dimensi yang ada. Untuk lebih jelas, dibawah ini merupakan analisa dimensi pada eksperimen transmisi gelombang.

Variabel percobaan pada eksperimen transmisi gelombang :

$$K_t = H_t/H_i = f(h, T, H_i, H_t, g, d, B, h, f, \mu, \rho)$$

Dimana : K_t : Koefisien transmisi

H_t : Tinggi gelombang transmisi

H : Tinggi gelombang datang

T : Periode

d : Kedalaman

f : Freeboard

h : Tinggi Struktur

B : Panjang konfigurasi

G : Gravitasi

ρ : Massa jenis

$$\frac{d}{h}, \frac{B}{h}, \frac{f}{h}, \frac{H_i}{h}, \frac{H_t}{h}, \frac{gT^2}{h} = \pi_1, \pi_2, \pi_3, \pi_4, \pi_5, \pi_6$$

Compounding π

$$K_t = f\left(\frac{H_i}{gT^2}, \frac{B}{gT^2}, \frac{h}{d}, \frac{h}{B}\right)$$

Dimana : $\frac{H_i}{gT^2}$ = Kecuraman gelombang (*Wave Steepness*)

$\frac{B}{gT^2}$ = Lebar lebar relatif

$\frac{h}{B}$ = Rasio lebar

$$\frac{h}{d} = \text{Rasio tinggi}$$

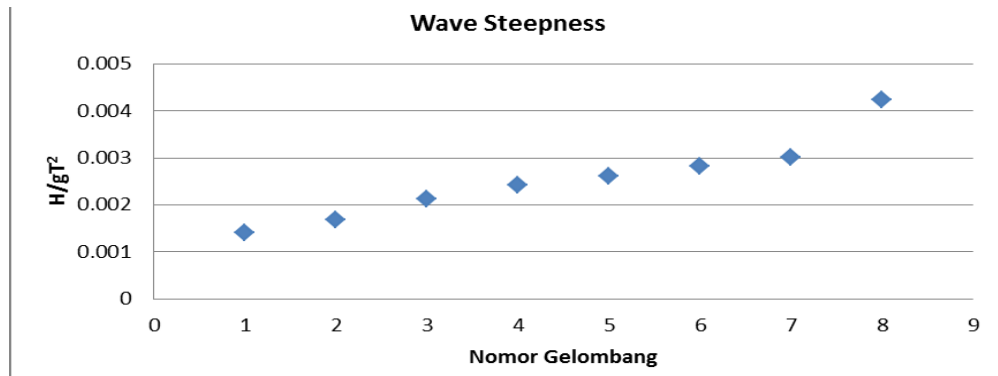
Pada pengujian eksperimen yang dilakukan akan meninjau konfigurasi horizontal *hexareef* dengan jarak (gap) yang telah ditentukan yaitu 0-1 d dan untuk konfigurasi vertikal tidak dilakukan maka untuk rasio tinggi struktur (h/d) tidak akan di analisa karena tinggi struktur (h) tidak pernah berubah yaitu 0,1 m dan kedalamannya (d) 0,3 m sehingga untuk rasio tinggi tetap 0.333.

4.2 Percobaan

Pada eksperimen ini menggunakan gelombang *irregular*, penentuan tinggi gelombang (H) dan periode (T) juga perlu untuk ditentukan. Penentuan tinggi gelombang (H) dan periode (T) berdasarkan *wave steepness* pada jarak 0.001-0.01 dan harus sesuai dengan kemampuan yang dimiliki oleh *Flume Tank*. *Flume Tank* memiliki kemampuan untuk melakukan uji gelombang *irregular* dibatasi oleh inputan H setinggi $0.1 < H < 0.7$ m dan T selama $1 < T < 2$, ini disebabkan oleh umur alat yang sudah tua. Hasil perhitungan *wave steepness* dari tinggi gelombang (H) dan periode (T) yang telah ditentukan dapat dilihat pada tabel 4.1 dan gambar 4.1 agar lebih jelas.

Tabel 4. 1 Penentuan Gelombang berdasarkan *Wave Steepness*

No Gelombang	H	T	H/GT ²	Durasi	Ceklist
	Tinggi Gelombang	Periode Gelombang			
	(m)	(s)		(s)	
1	0.02	1.2	0.001415789	180	V
2	0.02	1.1	0.001684906	180	V
3	0.03	1.2	0.002123683	180	V
4	0.04	1.3	0.002412705	180	V
5	0.05	1.4	0.002600429	180	V
6	0.04	1.2	0.002831578	180	V
7	0.05	1.3	0.003015882	180	V
8	0.06	1.2	0.004247367	180	V



Gambar 4. 1 *Wave steepness*

Tujuan penentuan gelombang ini adalah agar gelombang yang ditentukan dapat diuji dan sesuai dengan kemampuan *Flume Tank* serta gelombang yang telah ditentukan tidak memiliki karakteristik *wave steepness* yang sama sehingga pada saat melakukan uji coba tidak mendapatkan kemiripan data.

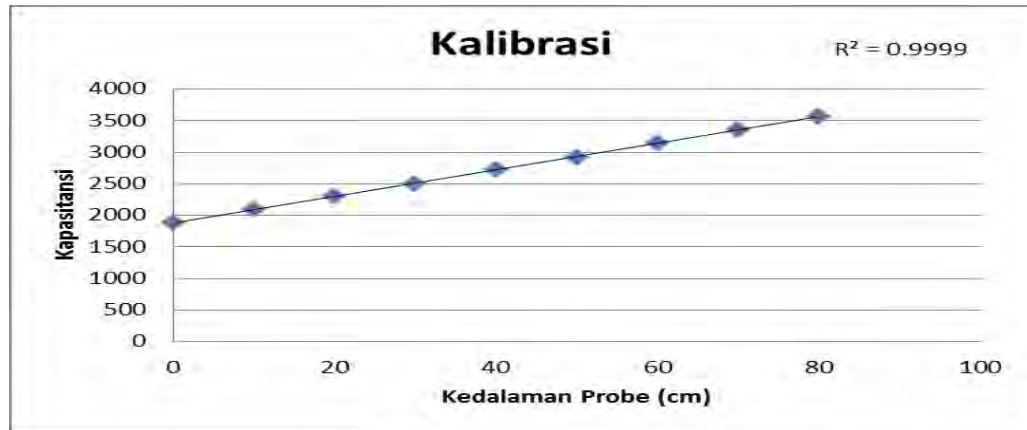
4.3 Analisa Data

4.3.1 Kalibrasi *Wave Probe*

Proses kalibrasi pada wave probe dilakukan dengan cara mencatat posisi zero point pada setiap wave probe, hal ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui batas bawah dan batas atas, sehingga saat gelombang mengenai probe, hasil pembacaan sesuai dengan yang di input. Pada proses kalibrasi kali ini memakai batas bawahnya 0 cm dan batas atasnya 80 cm, dengan cara dicelupkan dari batas paling bawah ke batas paling atas diukur per 10 cm dari zero point pada saat air tenang. Proses kalibrasi dilakukan dalam software Water Tide Meter, yang dapat menghasilkan data dalam variabel panjang. Nilai kapasitansi dari probe di setiap 10 cm pada saat kalibrasi dapat dilihat pada tabel 4.2 dan gambar 4.2.

Tabel 4. 2 Kalibrasi *probe*

Kedalaman <i>Probe</i>	Kapasitansi
0	1887
10	2098
20	2306
30	2504
40	2721
50	2925
60	3146
70	3353
80	3570

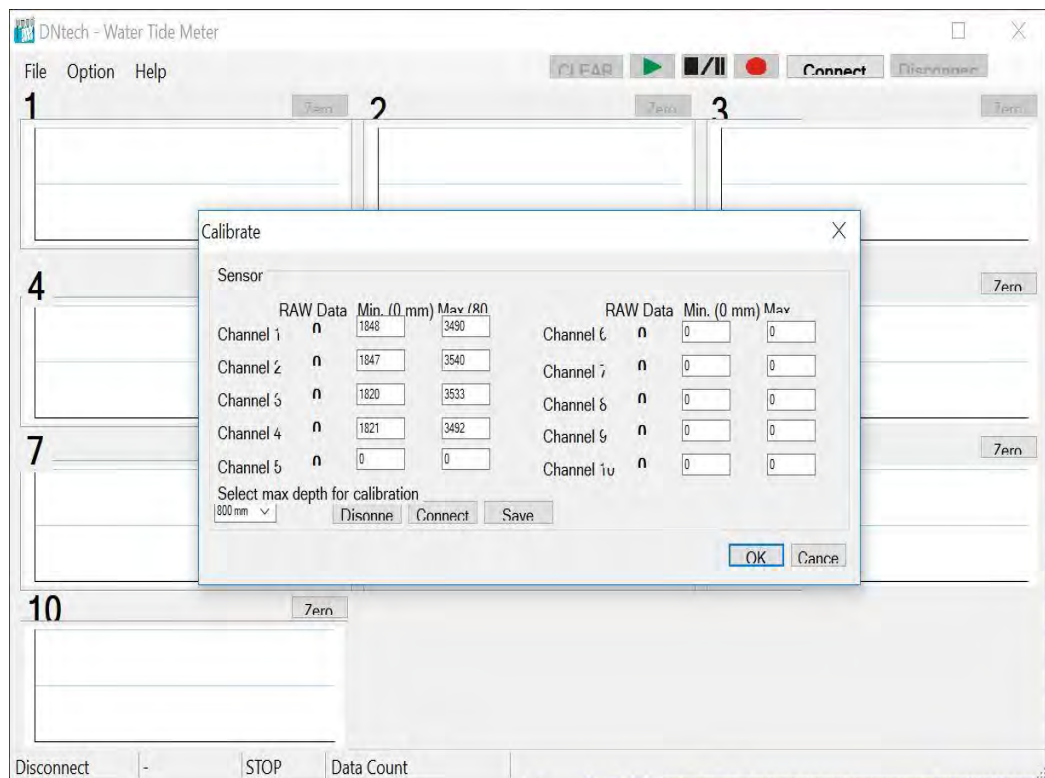


Gambar 4. 2 Kalibrasi *Probe*

Hasil dari setiap probe setelah melakukan kalibrasi dapat dilihat pada tabel 4.3 dan cara input ke dalam software Wave Tide Meter dapat dilihat pada gambar 4.3.

Tabel 4. 3 Data Hasil Kalibrasi *Wave Probe*

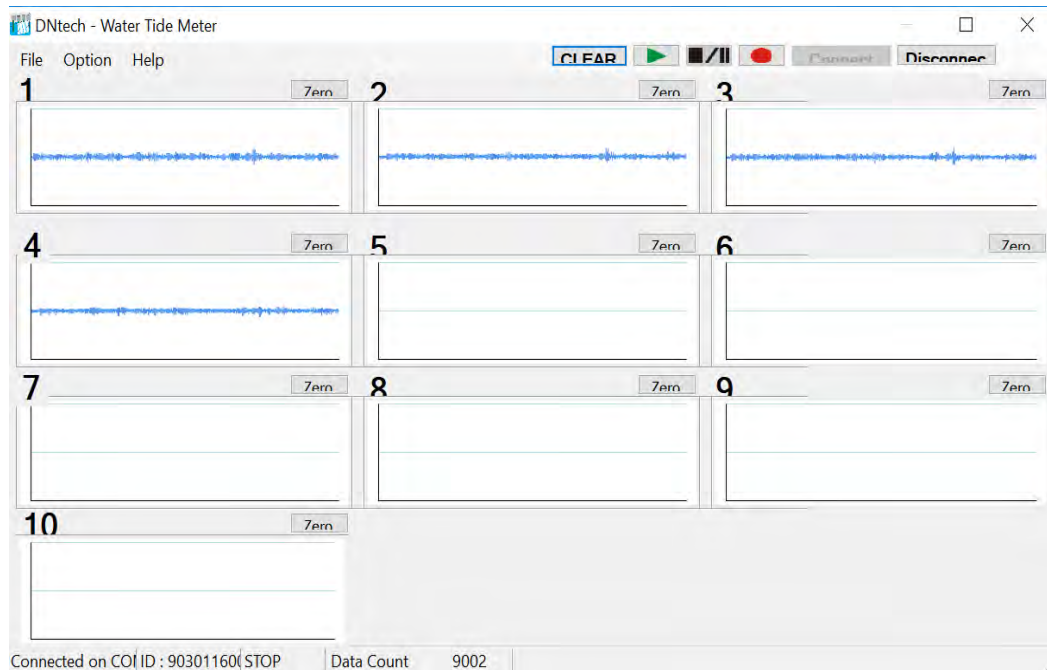
<i>Probe</i>	Minimum	Maksimum
1	1848	3490
2	1847	3540
3	1887	3570
4	1821	3492



Gambar 4. 3 Input Hasil Kalibrasi ke *Water Tide Meter*

4.3.2 Pengolahan Data

Hasil data yang di baca oleh *wave probe* yang terhubung ke laptop melalui *amplifier* akan mendapatkan data dengan format .csv dan mendapatkan hasil variabel panjang yaitu millimeter (mm) dan *time series* dari waktu pengujian dilakukan yang dapat dilihat pada gambar 4.4 dan gambar 4.5 agar lebih jelas.



Gambar 4. 4 Pembacaan dengan software Water Tide Meter.

G4													
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	DNtech	WTM-903											
2	Water Tide Meter												
3	Interface	9030116002.00											
4	-----												
5	Date - Time	08/11/2017 13:01											
6	-----												
7	Time	Ch 1	Ch 2	Ch 3	Ch 4	Ch 5	Ch 6	Ch 7	Ch 8	Ch 9	Ch 10		
8	(S)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)		
9			8	-2	-8	-2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
10	0.02		8	-3	-8	-2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
11	0.04		8	-2	-8	-2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
12	0.06		8	0	-10	-2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
13	0.08		8	0	-10	-2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
14	0.1		8	0	-10	-2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
15	0.12		5	0	-10	-2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
16	0.14		8	0	-9	-2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
17	0.16		6	0	-8	-3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
18	0.18		7	-1	-9	-2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
19	0.2		7	0	-8	-2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
20	0.22		8	-1	-8	-1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
21	0.24		8	0	-6	-1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
22	0.26		8	0	-4	-2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
23	0.28		7	-2	-6	-2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
24	0.3		7	0	-6	-2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
25	0.32		6	0	-6	0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	
26	0.34		7	1	-5	-1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	

Gambar 4. 5 Hasil data yang didapat dari *Water Tide Meter* berupa format .csv

Pencatatan data dari *wave probe* akan tersimpan didalam file dengan format .CSV yang dapat dibuka dengan *Microsoft Excel* yang dapat dilihat pada gambar 4.5, dan hasil pembacaan merupakan variabel panjang yaitu millimeter (mm) terhadap waktu yang dilakukan selama pengujian berlangsung yang telah ditentukan sebelumnya . Hasil data yang terbaca di *Microsoft Excel* mencakup semua *wave probe* yang berfungsi.

Data-data yang telah diperoleh dari percobaan yang telah dilakukan, tahap analisa dilakukan dengan memanfaatkan data yang terekam oleh *wave probe* yang kemudian ditampilkan dalam bentuk data *time series* untuk mencari tinggi dan periode gelombang datang maupun gelombang transmisi. Pengukuran gelombang acak dapat dilakukan dengan dua metode yaitu *zero upcrossing method* dan *zero downcrossing method*.

Untuk penelitian kali ini dilakukan dengan menggunakan *zero upcrossing method* hal pertama yang perlu dilakukakan adalah menetapkan titik nol, dimana titik nol ini adalah elevasi rerata dari permukaan air berdasarkan fluktuasi muka air pada waktu pencatatan. Pemberian tanda titik perpotongan antara kurva naik dan garis nol, dan titik tersebut ditetapkan sebagai awal dari satu gelombang. Jarak antar kedua titik tersebut adalah periode gelombang pertama (T_1). Jarak vertikal antara titik tertinggi dan terendah di antara kedua titik tersebut adalah tinggi gelombang pertama (H_1). Dilakukan penelusuran selanjutnya untuk mendapatkan gelombang kedua, ketiga dan seterusnya. (Triatmodjo, 2011). Dalam pencatatan gelombang irreguler dengan luaran berupa tinggi gelombang signifikan (H_s) atau $H_{1/3}$ dari jumlah gelombang yang tercatat menjadi :

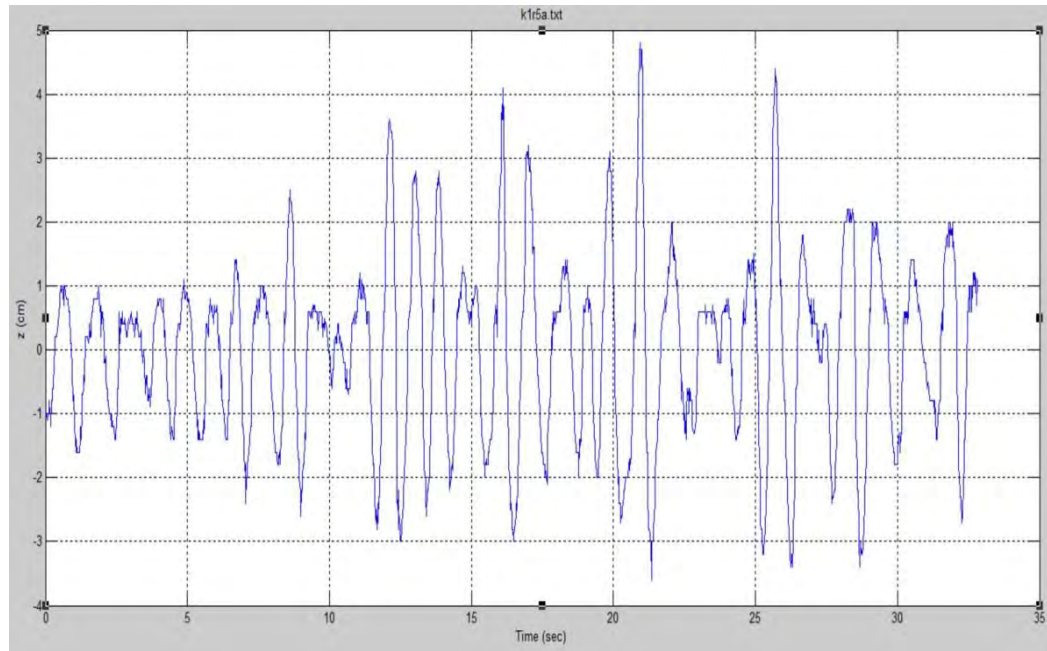
$$H_s = H_{1/3} = \frac{1}{N/3} \sum_{j=1}^{N/3} H_j \dots\dots\dots(4.1)$$

$$T_s = T_{1/3} = \frac{1}{N/3} \sum_{j=1}^{N/3} T_j \dots\dots\dots(4.2)$$

dimana j adalah data yang diurutkan sesuai tinggi gelombang. Selain H_s adapula gelombang yang biasanya digunakan dalam perancangan yaitu 1/10 (tinggi gelombang rata-rata pada satu persepuluh data gelombang tertinggi).

Analisa dilakukan dengan program “WAVAN” (*Wave Analysis*) dengan bantuan software MATLAB untuk mempermudah dan mempersingkat waktu pengerjaan dalam hal pengolahan data yang telah didapat karena data yang

didapat sangat banyak. Dilakukan juga perhitungan secara manual sebagai pembandingan dengan output yang dihasilkan oleh program WAVAN. Contoh perbandingan antara perhitungan secara manual dengan perhitungan menggunakan program WAVAN yang dapat dilihat pada gambar 4.6.



Gambar 4. 6 Pencatatan Gelombang dari WAVAN

Contoh data yang terekam pada input MATLAB dengan menggunakan WAVAN pada pengujian 1 konfigurasi 1 dengan $H = 2$ cm dan $T = 1.2$ s pada *probe* 1, mendapatkan hasil dengan tinggi gelombang (H_s) sebesar 5.8098 cm dan periode gelombang (T) sebesar 1.1852 dt. Dari perhitungan manual didapatkan data yang dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Pencatatan tinggi dan periode gelombang manual

No	H (cm)	T (s)	No	H (cm)	T (s)	No	H (cm)	T (s)
1	8.424	0.954	12	4.707	0.947	23	2.617	1.061
2	7.841	1.005	13	4.035	1.102	24	2.532	1.001
3	7.100	0.943	14	3.819	0.787	25	2.414	1.205
4	6.612	0.891	15	3.795	1.197	26	2.234	0.840
5	5.820	1.132	16	3.424	1.308	27	2.231	0.869
6	5.621	1.057	17	3.406	1.095	28	2.217	0.767
7	5.414	0.865	18	3.306	1.310	29	2.019	0.875
8	5.323	1.089	19	3.015	0.673	30	1.512	1.190
9	5.122	0.820	20	2.826	1.330	31	1.305	0.975
10	5.015	0.875	21	2.818	0.585	32	1.105	0.571
11	4.719	0.925	22	2.805	1.109	33	0.916	0.817

Dari data tersebut diketahui :

Tinggi gelombang maksimum H_{max}	= 8.424 cm dan
Periode maksimum T_{max}	= 1.33 s.
Tinggi gelombang rerata	$= \frac{\text{jumlah periode gelombang}}{\text{jumlah gelombang}}$ = 0.9748 s
Tinggi gelombang rerata	$= \frac{\text{jumlah tinggi gelombang}}{\text{jumlah gelombang}}$ = 3.820 cm
Tinggi gelombang H_{10}	= 7.788 cm
Tinggi gelombang signifikan (H_s)	= 1/3 (rerata tinggi gelombang terbesar) = 6.092 cm
Periode gelombang signifikan (TS)	= 1/3 (rerata periode gelombang tertinggi) = 1.188 s

Sedangkan tinggi gelombang *root mean square*

$$H_{rms} = \sqrt{\frac{1}{33} \sum_{i=1}^{33} H_i^2} = 4.271 \text{ cm}$$

Data di atas digunakan sebagai pembandingan dengan output program WAVAN.

Hasil *output* dari WAVAN dapat dilihat pada gambar 4.7.

Basic Output

Mean Water Level	= -0.0891 centimetres
Water Level Trend	= 0.00476 cm/s
Sigma	= 1.425 centimetres

Wave Statistics

Up-Crossing (1), Down-Crossing (2) or Average (3)?: 1

Number of Waves	= 36
Average Wave Period	= 0.8889 seconds
Significant Wave Height	= 5.8098 centimetres
Maximum Wave Height	= 8.4019 centimetres
Average Wave Height	= 3.5217 centimetres

```

rms Wave Height      = 4.0665 centimetres
Average of Highest 1/10 = 7.1421 centimetres
Sigma                = 1.1219 centimetres

```

For the Raw Spectrum

```

fmin      = 0.0313 Hz
Sigma     = 1.4249 cm
S(p)      = 10.9709 cm2/Hz
f(p)      = 0.8438 Hz
T(p)      = 1.1852 sec

```

Gambar 4. 7 Hasil Output WAVAN

Untuk selengkapnya mengenai contoh *input* dan *output* dari WAVAN dapat dilihat pada lampiran.

4.3.3 Gelombang Tercatat

Gelombang yang dihasilkan oleh *wave generator* pada *Flume Tank* akan berbeda dengan tinggi gelombang yang kita input di mesin gelombang, faktor yang menyebabkan hal ini adalah mesin gelombang yang sudah terlalu tua. Perbedaan tinggi gelombang tercatat dari tinggi gelombang yang di input dapat dilihat pada tabel 4.5.

Tabel 4. 5 Data Input dan Tercatat

Konfigurasi	Input		Tercatat			
	H input	Periode (T)	Hi	Periode (T)	Ht	Periode (T)
	(m)	(s)	(m)	(s)	(m)	(s)
1 (no gap)	0.02	1.1	0.053	0.963	0.043	1.111
	0.02	1.2	0.047	0.891	0.041	1.041
	0.03	1.2	0.086	1.225	0.070	1.111
	0.04	1.2	0.116	1.078	0.095	1.111
	0.06	1.2	0.158	1.225	0.110	1.147
	0.04	1.3	0.113	1.184	0.088	1.111
	0.05	1.3	0.145	1.184	0.108	1.147
	0.05	1.4	0.145	1.241	0.111	1.091

Konfigurasi	Input		Tercatat			
	H input	Periode (T)	Hi	Periode (T)	Ht	Periode (T)
	(m)	(s)	(m)	(s)	(m)	(s)
2 (gap 0,25d)	0.02	1.1	0.053	0.963	0.043	1.111
	0.02	1.2	0.052	0.947	0.043	0.853
	0.03	1.2	0.079	1.241	0.062	1.111
	0.04	1.2	0.114	1.241	0.085	1.111
	0.06	1.2	0.157	1.091	0.113	1.091
	0.04	1.3	0.120	1.184	0.090	1.111
	0.05	1.3	0.140	1.184	0.099	1.147
	0.05	1.4	0.139	1.241	0.106	1.651
3 (gap 0,5d)	0.02	1.1	0.054	0.984	0.044	1.111
	0.02	1.2	0.054	1.041	0.046	1.041
	0.03	1.2	0.088	1.078	0.070	1.111
	0.04	1.2	0.123	1.241	0.092	1.111
	0.06	1.2	0.157	1.241	0.109	1.132
	0.04	1.3	0.121	1.184	0.092	1.111
	0.05	1.3	0.144	1.184	0.104	1.091
	0.05	1.4	0.145	1.241	0.107	1.651
4 (gap 0,75d)	0.02	1.1	0.057	1.041	0.050	1.041
	0.02	1.2	0.056	1.041	0.047	1.041
	0.03	1.2	0.087	1.184	0.068	1.000
	0.04	1.2	0.116	1.184	0.089	1.078
	0.06	1.2	0.159	1.225	0.109	1.084
	0.04	1.3	0.116	1.078	0.091	1.078
	0.05	1.3	0.144	1.241	0.099	1.111
	0.05	1.4	0.118	1.241	0.094	1.651
5 (gap 1d)	0.02	1.1	0.054	1.078	0.045	1.078
	0.02	1.2	0.054	0.963	0.045	1.111
	0.03	1.2	0.089	1.111	0.073	1.111
	0.04	1.2	0.123	1.241	0.094	1.111
	0.06	1.2	0.160	1.241	0.112	1.078
	0.04	1.3	0.123	1.184	0.094	1.111
	0.05	1.3	0.146	1.241	0.112	1.080
	0.05	1.4	0.134	1.241	0.100	1.651

4.3.4 Perhitungan

4.3.4.1 Perhitungan Energi Gelombang

Energi total gelombang merupakan jumlah dari energi kinetik dan energi potensial gelombang. Adapun rumusan energi total tiap satu satuan lebar adalah :

$$E = E_p + E_k = \frac{\rho g H^2 L}{8} \dots\dots\dots(4.3)$$

Energi gelombang berubah dari satu titik ke titik yang lain sepanjang satu panjang gelombang, dan energi rerata satu satuan luas adalah :

$$\bar{E} = \frac{E}{L} = \frac{\rho g H^2 L}{8} \dots\dots\dots(4.4)$$

Dengan $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ (air tawar)

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 4.6 hasil perhitungan energi gelombang.

Tabel 4. 6 Hasil perhitungan energi gelombang

Konfigurasi	Tercatat				Energi	Energi	Energi	Energi
	Hi	Periode (T)	Ht	Periode (T)	Datang	Transmisi	Hilang	Hilang
	(m)	(s)	(m)	(s)	(Joule)	(Joule)	(Joule)	Persen
1 (no gap)	0.05	0.96	0.04	1.11	3.41	2.26	1.16	33.90
	0.05	0.89	0.04	1.04	2.76	2.02	0.74	26.70
	0.09	1.22	0.07	1.11	9.00	6.07	2.94	32.62
	0.12	1.08	0.10	1.11	16.57	11.13	5.44	32.83
	0.16	1.22	0.11	1.15	30.51	14.92	15.59	51.09
	0.11	1.18	0.09	1.11	15.61	9.56	6.06	38.79
	0.15	1.18	0.11	1.15	25.79	14.27	11.52	44.66
	0.14	1.24	0.11	1.09	25.62	15.21	10.41	40.64
2 (gap 0,25d)	0.05	0.96	0.04	1.11	3.51	2.29	1.22	34.75
	0.05	0.95	0.04	0.85	3.32	2.27	1.05	31.56
	0.08	1.24	0.06	1.11	7.69	4.75	2.94	38.21
	0.11	1.24	0.09	1.11	16.01	8.89	7.12	44.48
	0.16	1.09	0.11	1.09	30.38	15.71	14.67	48.29
	0.12	1.18	0.09	1.11	17.56	9.95	7.61	43.31
	0.14	1.18	0.10	1.15	24.12	12.12	12.00	49.74
	0.14	1.24	0.11	1.65	23.72	13.82	9.90	41.73

Konfigurasi	Tercatat				Energi	Energi	Energi	Energi
	Hi	Periode (T)	Ht	Periode (T)	Datang	Transmisi	Hilang	Hilang
	(m)	(s)	(m)	(s)	(Joule)	(Joule)	(Joule)	Persen
3 (gap 0,5d)	0.05	0.98	0.04	1.11	3.55	2.39	1.16	32.60
	0.05	1.04	0.05	1.04	3.51	2.63	0.88	25.10
	0.09	1.08	0.07	1.11	9.51	6.04	3.48	36.53
	0.12	1.24	0.09	1.11	18.56	10.33	8.23	44.33
	0.16	1.24	0.11	1.13	30.27	14.45	15.82	52.28
	0.12	1.18	0.09	1.11	17.84	10.32	7.52	42.16
	0.14	1.18	0.10	1.09	25.30	13.17	12.13	47.93
	0.15	1.24	0.11	1.65	25.85	14.16	11.69	45.21
4 (gap 0,75d)	0.06	1.04	0.05	1.04	3.95	3.01	0.95	23.96
	0.06	1.04	0.05	1.04	3.83	2.68	1.15	30.02
	0.09	1.18	0.07	1.00	9.31	5.62	3.69	39.62
	0.12	1.18	0.09	1.08	16.41	9.73	6.68	40.73
	0.16	1.22	0.11	1.08	31.00	14.58	16.42	52.97
	0.12	1.08	0.09	1.08	16.39	10.09	6.31	38.48
	0.14	1.24	0.10	1.11	25.57	11.93	13.64	53.33
	0.12	1.24	0.09	1.65	17.07	10.72	6.34	37.16
5 (gap 1d)	0.05	1.08	0.04	1.08	3.57	2.43	1.14	31.91
	0.05	0.96	0.05	1.11	3.56	2.50	1.06	29.72
	0.09	1.11	0.07	1.11	9.68	6.49	3.19	33.00
	0.12	1.24	0.09	1.11	18.61	10.93	7.67	41.24
	0.16	1.24	0.11	1.08	31.40	15.35	16.05	51.10
	0.12	1.18	0.09	1.11	18.47	10.85	7.62	41.25
	0.15	1.24	0.11	1.08	25.98	15.43	10.55	40.59
	0.13	1.24	0.10	1.65	21.87	12.21	9.66	44.16

4.3.4.2 Perhitungan Koefisien Transmisi

Untuk koefisien transmisi gelombang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 4.5 :

$$K_t = \frac{H_t}{H_i} = \left(\frac{E_t}{E_i} \right)^{1/2} \dots\dots\dots (4.5)$$

Dengan : K_t : koefisien transmisi
 H_i : tinggi gelombang datang (m)
 H_t : tinggi gelombang transmisi (m)

Perhitungan koefisien transmisi dapat dilihat pada tabel 4.7 untuk lebih jelasnya.

Tabel 4. 7 Hasil perhitungan energi gelombang dan koefisien transmisi

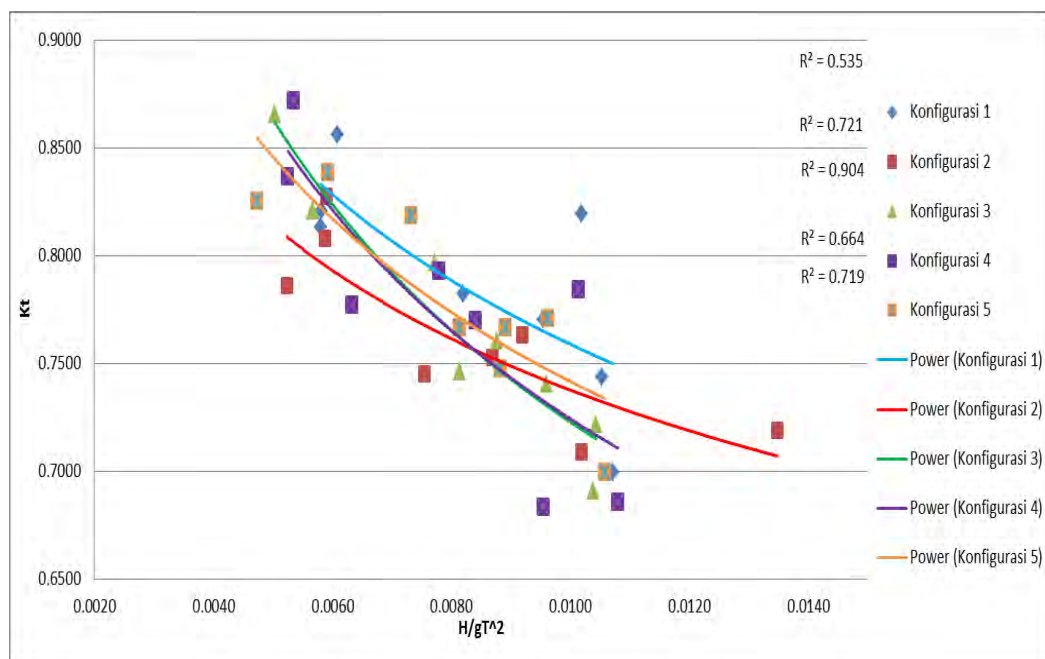
Konfigurasi	Input		Tercatat				Kt
	H input	Periode (T)	Hi	Periode (T)	Ht	Periode (T)	
	(m)	(s)	(m)	(s)	(m)	(s)	
1 (no gap)	0.02	1.1	0.053	0.963	0.043	1.111	0.813
	0.02	1.2	0.047	0.891	0.041	1.041	0.856
	0.03	1.2	0.086	1.225	0.070	1.111	0.821
	0.04	1.2	0.116	1.078	0.095	1.111	0.820
	0.06	1.2	0.158	1.225	0.110	1.147	0.699
	0.04	1.3	0.113	1.184	0.088	1.111	0.782
	0.05	1.3	0.145	1.184	0.108	1.147	0.744
	0.05	1.4	0.145	1.241	0.111	1.091	0.770
2 (gap 0,25 d)	0.02	1.1	0.053	0.963	0.043	1.111	0.808
	0.02	1.2	0.052	0.947	0.043	0.853	0.827
	0.03	1.2	0.079	1.241	0.062	1.111	0.786
	0.04	1.2	0.114	1.241	0.085	1.111	0.745
	0.06	1.2	0.157	1.091	0.113	1.091	0.719
	0.04	1.3	0.120	1.184	0.090	1.111	0.753
	0.05	1.3	0.140	1.184	0.099	1.147	0.709
	0.05	1.4	0.139	1.241	0.106	1.651	0.763
3 (gap 0,5d)	0.02	1.1	0.054	0.984	0.044	1.111	0.821
	0.02	1.2	0.054	1.041	0.046	1.041	0.865
	0.03	1.2	0.088	1.078	0.070	1.111	0.797
	0.04	1.2	0.123	1.241	0.092	1.111	0.746
	0.06	1.2	0.157	1.241	0.109	1.132	0.691
	0.04	1.3	0.121	1.184	0.092	1.111	0.761
	0.05	1.3	0.144	1.184	0.104	1.091	0.722
	0.05	1.4	0.145	1.241	0.107	1.651	0.740
4 (gap 0,75d)	0.02	1.1	0.057	1.041	0.050	1.041	0.872
	0.02	1.2	0.056	1.041	0.047	1.041	0.837
	0.03	1.2	0.087	1.184	0.068	1.000	0.777
	0.04	1.2	0.116	1.184	0.089	1.078	0.770
	0.06	1.2	0.159	1.225	0.109	1.084	0.686
	0.04	1.3	0.116	1.078	0.091	1.078	0.784
	0.05	1.3	0.144	1.241	0.099	1.111	0.683
	0.05	1.4	0.118	1.241	0.094	1.651	0.793

Konfigurasi	Input		Tercatat				Kt
	H input	Periode (T)	Hi	Periode (T)	Ht	Periode (T)	
	(m)	(s)	(m)	(s)	(m)	(s)	
5 (gap 1d)	0.02	1.1	0.054	1.078	0.045	1.078	0.825
	0.02	1.2	0.054	0.963	0.045	1.111	0.838
	0.03	1.2	0.089	1.111	0.073	1.111	0.819
	0.04	1.2	0.123	1.241	0.094	1.111	0.767
	0.06	1.2	0.160	1.241	0.112	1.078	0.699
	0.04	1.3	0.123	1.184	0.094	1.111	0.766
	0.05	1.3	0.146	1.241	0.112	1.080	0.771
	0.05	1.4	0.134	1.241	0.100	1.651	0.747

4.3.5 Uji Koefisien Transmisi Gelombang Irreguler

4.3.5.1 Hubungan Koefisien Transmisi dengan *Wave Steepness*

Hubungan antara koefisien transmisi dengan kecuraman gelombang (*wave steepness*) akan ditampilkan dalam bentuk grafik dari data yang didapat pada saat eksperimen pada kedalaman yang sama dan telah ditentukan yaitu 0,3m dari beberapa variasi konfigurasi jarak horizontal dengan gap yang telah ditentukan. *Wave steepness* ditentukan oleh beberapa parameter gelombang diantaranya tinggi gelombang dan periode. Hubungan koefisien transmisi dengan wave steepness dapat dilihat pada gambar 4.8



Gambar 4. 8 Hubungan koefisien transmisi dengan *wave steepnes*

Dari gambar 4.8 dapat diketahui nilai koefisien transmisi konfigurasi 1 (no gap) antara 0.699-0.856, koefisien transmisi pada konfigurasi 2 (dengan gap 0.25d) antara 0.709-0.827, koefisien transmisi pada konfigurasi 3 (dengan gap 0.5d) antara 0.691-0.865, koefisien transmisi pada konfigurasi 4 (dengan gap 0.75d) antara 0.683-0.837 dan koefisien transmisi pada konfigurasi 5 (dengan gap 1d) antara 0.699-0.838.

Pada gambar 4.8 dapat kita lihat hubungan antara koefisien transmisi dengan *wave steepness* pada setiap konfigurasi memiliki trend yang sama yaitu semakin tinggi angka *wave steepness* maka akan semakin kecil angka dari koefisien transmisi, sebaliknya semakin kecil angka *wave steepness* maka angka koefisien transmisi akan semakin besar. Hal ini menunjukkan koefisien transmisi memiliki hubungan berbanding terbalik dengan *wave steepness*. Hal ini disebabkan oleh semakin besar *wave steepness* maka gelombang akan menjadi tidak stabil dan akan mudah pecah yang menyebabkan energi tereduksi semakin membesar.

Pada gambar 4.8 dapat dilihat korelasi hubungan antar titik pada setiap konfigurasi dengan menggunakan analisa regresi non linear. Konfigurasi 1 memiliki nilai $R^2 = 0.535$, konfigurasi 2 memiliki nilai $R^2 = 0.721$, konfigurasi 3 memiliki nilai $R^2 = 0.904$, konfigurasi 4 memiliki nilai $R^2 = 0.664$ dan untuk konfigurasi 5 memiliki nilai $R^2 = 0.719$. Hal ini menunjukkan korelasi hubungan antar titik paling tinggi ada pada konfigurasi 3 dengan nilai $R^2 = 0.904$ sedangkan konfigurasi yang memiliki nilai korelasi terendah adalah konfigurasi 1 dengan nilai $R^2 = 0.535$.

Dari gambar 4.8 juga kita dapat melihat garis korelasi konfigurasi 1 tanpa gap yang berwarna biru muda berada diatas semua garis korelasi konfigurasi dengan gap. Hal ini menunjukkan konfigurasi dengan gap lebih baik digunakan daripada konfigurasi tanpa gap. Setiap konfigurasi memiliki trend yang sama yaitu semakin besar nilai H/gT^2 maka akan semakin kecil nilai koefisien transmisi. Konfigurasi 2 memiliki koefisien transmisi terkecil namun hanya sampai pada nilai H/gT^2 0.007 setelah melewati nilai tersebut konfigurasi 3 dan konfigurasi 4 memiliki nilai koefisien transmisi terkecil yang tidak berbeda jauh namun konfigurasi yang memiliki koefisien transmisi terkecil adalah konfigurasi 4

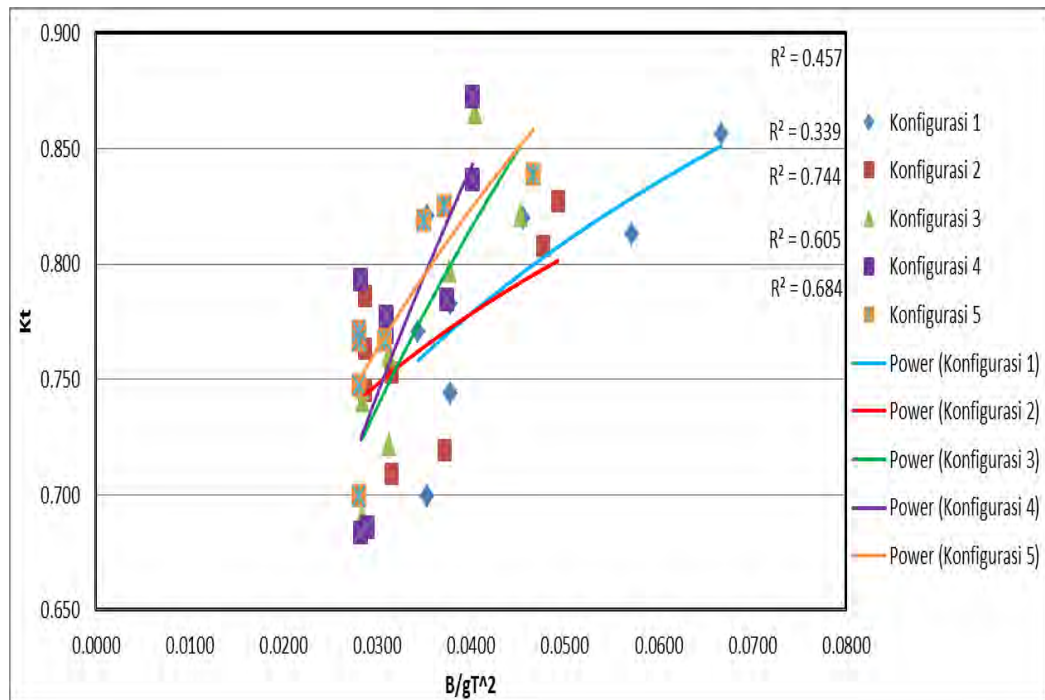
dengan nilai koefisien transmisi 0.683. Hal ini menunjukkan karakteristik dari setiap konfigurasi berbeda-beda dimana apabila nilai H/gT^2 lebih kecil dari 0.007 konfigurasi ke 2 lebih efisien dalam hal meredam gelombang namun bila nilai H/gT^2 lebih besar dari 0.007 konfigurasi 3 dan konfigurasi 4 lebih efisien dalam meredam gelombang. Menurut penulis karakteristik ini disebabkan oleh perbedaan gap dimana gap dengan jarak $0.5d-0.75d$ lebih efisien, namun untuk konfigurasi 5 dengan gap $1d$ hal tersebut tidak berlaku karena jarak gap yang terlalu jauh menyebabkan gelombang kembali terbentuk.

4.3.5.2 Hubungan Koefisien Transmisi Dengan Lebar Puncak Relatif

Hubungan antara koefisien transmisi dengan lebar relatif pada kedalaman pada freeboard yang sama dengan konfigurasi yang berbeda dapat kita lihat pada gambar 4.9.. Setiap konfigurasi memiliki tinggi struktur yang sama karena pengujian kali ini melakukan variasi konfigurasi horizontal dengan gap sehingga setiap konfigurasi memiliki tinggi freeboard yang sama yaitu 0.2m dan pada kedalaman yang sama yaitu 0.3 m. Setiap konfigurasi memiliki perbedaan lebar puncak akibat variasi gap tersebut.

Tabel 4. 8 Lebar puncak

Konfigurasi	Gap (m)	Lebar puncak (m)	Tinggi Struktur (m)	Freeboard (m)
1 (0d)	0	0.52	0.1	0.2
2 (0.25d)	0.0375	0.434	0.1	0.2
3 (0.5d)	0.075	0.43	0.1	0.2
4 (0.75d)	0.1125	0.427	0.1	0.2
5 (1d)	0.15	0.424	0.1	0.2



Gambar 4. 9 Hubungan koefisien transmisi dengan Lebar Relatif

Dari gambar 4.9, kita dapat melihat setiap konfigurasi memiliki trend yang sama yaitu semakin tinggi nilai lebar relatif (B/gT^2) maka koefisien transmisi juga akan semakin tinggi. Dari trend pada grafik di atas yang menunjukkan kenaikan, dapat dijelaskan bahwa semakin besar nilai B/gT^2 maka semakin besar nilai koefisien transmisi, jika diperhatikan pada 1 konfigurasi, yang memiliki nilai B sama, trend grafik naik keatas karena jika nilai B/gT^2 semakin besar dengan nilai B sama, maka periodenya yang dipakai adalah kecil, jika periode gelombang semakin kecil, maka nilai koefisien transmisi semakin besar karena energi yang tereduksi sangat kecil akibat dari panjang gelombang yang dipengaruhi oleh periode gelombang.

Periode gelombang yang kecil maka panjang gelombang akan semakin pendek juga sehingga gaya gesek antara gelombang dengan lebar puncak struktur akan semakin kecil yang menyebabkan energi gelombang yang tereduksi semakin kecil pula. Sebaliknya, semakin kecil nilai B/gT^2 dikarenakan nilai periode gelombangnya semakin besar, jika nilai periodenya semakin besar maka nilai koefisien transmisi semakin kecil, akibat dari semakin besar periode suatu gelombang maka panjang suatu gelombang akan semakin panjang sehingga gaya

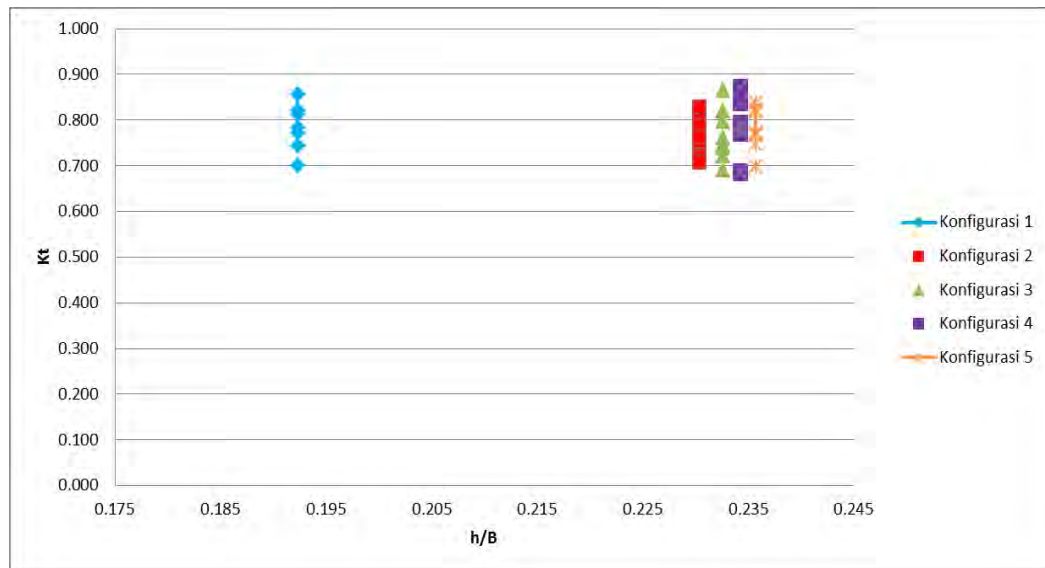
gesek yang terjadi antara gelombang dan lebar puncak strutur gelombang akan semakin besar sehingga gelombang akan tereduksi semakin besar, agar lebih jelas dapat dilihat pada lampiran E hubungan koefisien transmisi dengan tinggi gelombang dan periode.

Korelasi hubungan antar titik pada setiap konfigurasi dengan menggunakan analisa regresi non linear setiap konfigurasi memiliki nilai korelasi yang berbeda-beda. Konfigurasi 1 memiliki nilai $R^2 = 0.457$, konfigurasi 2 memiliki nilai $R^2 = 0.339$, konfigurasi 3 memiliki nilai $R^2 = 0.744$, konfigurasi 4 memiliki nilai $R^2 = 0.605$, konfigurasi 5 memiliki nilai $R^2 = 0.684$. Konfigurasi yang memiliki korelasi hubungan antar titik yang paling tinggi terdapat pada konfigurasi 3 dengan nilai $R^2 = 0.744$.

Pada gambar 4.9 dapat kita lihat konfigurasi 4 adalah konfigurasi yang memiliki kenaikan koefisien transmisi paling curam akibat semakin besarnya nilai B/gT^2 . Namun konfigurasi 2 dengan perilaku yang sama merupakan konfigurasi yang memiliki kenaikan nilai koefisien transmisi yang paling landai.

4.3.5.3 Hubungan Koefisien Transmisi Dengan Rasio Lebar Susunan

Hubungan antara koefisien transmisi dengan tinggi struktur berbanding lebar dapat kita lihat pada gambar 4.10 agar lebih jelas. Lebar puncak yang didapat dari variasi gap yang telah dilakukan hanya memiliki perbedaan lebar puncak yang kecil antara 0.424 m - 0.52 m dapat dilihat pada tabel 4.8. Untuk konfigurasi 1 dengan tanpa gap perhitungan lebar puncak didapat dengan mengukur lebar puncak dari awal sampai akhir. Namun berbeda untuk lebar puncak pada konfigurasi yang memiliki variasi gap. Dimana lebar puncak didapat dari perhitungan lebar efektif yang dapat dilihat pada persamaan 3.2. Konfigurasi 1 memiliki lebar puncak 0.52 m, konfigurasi 2 memiliki lebar puncak 0.434 m, konfigurasi 3 memiliki lebar puncak 0.43 m, konfigurasi 4 memiliki lebar puncak 0.427 m dan konfigurasi 5 memiliki lebar puncak 0.424 m. Variasi konfigurasi dengan gap yang cukup besar ini ternyata hanya mengurangi sedikit lebar puncak dari setiap konfigurasi yang diuji. Terlihat perbedaan lebar puncak dari setiap konfigurasi yang berbeda kecil sekali namun memiliki efek yang berbeda terhadap koefisien transmisi.

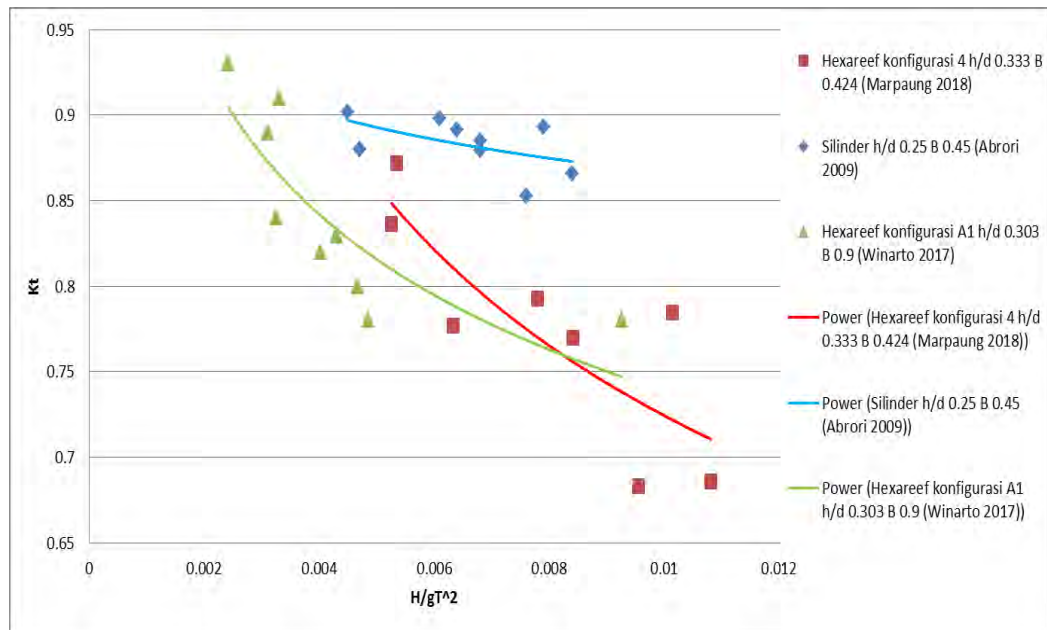


Gambar 4. 10 Hubungan koefisien transmisi dengan lebar susunan

Pada gambar 4.10 koefisien transmisi pada setiap konfigurasi tidak memiliki perbedaan yang jauh dari ke-5 konfigurasi yang diuji koefisien transmisi berkisar dari 0.683-0.865. Hal ini menunjukkan bahwa konfigurasi dengan variasi gap tidak memberi hasil yang berbeda jauh namun tetap untuk koefisien transmisi, konfigurasi dengan gap sedikit lebih baik dibandingkan dengan konfigurasi tanpa gap hal ini dapat dilihat pada gambar 4.10 dimana koefisien transmisi terkecil dari setiap konfigurasi lebih baik pada konfigurasi yang menggunakan gap yang sudah dijelaskan pada pembahasan sebelumnya pada hubungan koefisien transmisi dengan wave steepness. Koefisien transmisi terkecil dimiliki oleh konfigurasi 4 dan konfigurasi ke 3 juga tidak beda jauh dengan konfigurasi 4.

4.4 Perbandingan Terumbu Buatan

Untuk mengetahui seberapa efektif terumbu buatan bentuk hexagonal (*hexareef*) maka perlu adanya perbandingan dengan bentuk lainnya yang sudah dilakukan oleh penelitian sebelumnya. Perbandingan antara bentuk Hexareef (Marpaung 2018) konfigurasi 4 dengan h/d 0.333 dan lebar puncak $B= 0.424$ m, Hexareef (Winarto 2016) konfigurasi A1 dengan h/d dan lebar puncak 0.9 m 0.303, Silinder (Abrori 2009) dengan h/d 0.25 dan lebar puncak $B= 0.45$ m dapat dilihat pada gambar 4.11.

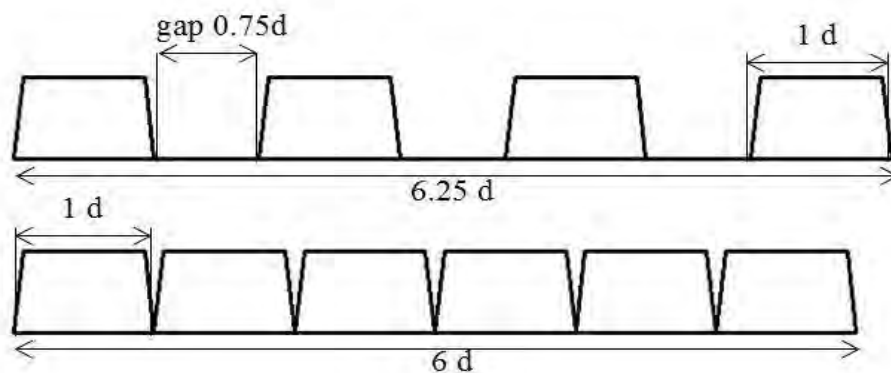


Gambar 4. 11 Perbandingan terumbu buatan dengan penelitian sebelumnya tentang hubungan *wave steepness* terhadap K_t .

Hasil perbandingan menunjukkan trend yang sama antara perbandingan semua model, yaitu semakin tinggi *wave steepness* maka akan semakin kecil koefisien transmisinya, dan sebaliknya bila *wave steepness* semakin kecil maka koefisien transmisi akan semakin tinggi. Karena semakin besar nilai H/gT^2 kecuraman gelombang akan semakin besar sehingga gelombang tidak stabil dan akan mudah pecah begitu juga sebaliknya bila nilai H/gT^2 kecil maka suatu gelombang akan lebih stabil dan tidak mudah pecah. Perbedaan hasil ada pada koefisien transmisi yang dihasilkan yaitu pada *Hexareef* (Marpaung 2018) ko 0.683-0.872, pada *Hexareef* (Winarto, 2016) koefisien transmisi berkisar 0.78-0.91, dan pada *Bottlereef* (Abrori, 2009) koefisien transmisi berkisar 0.8558-0.902.

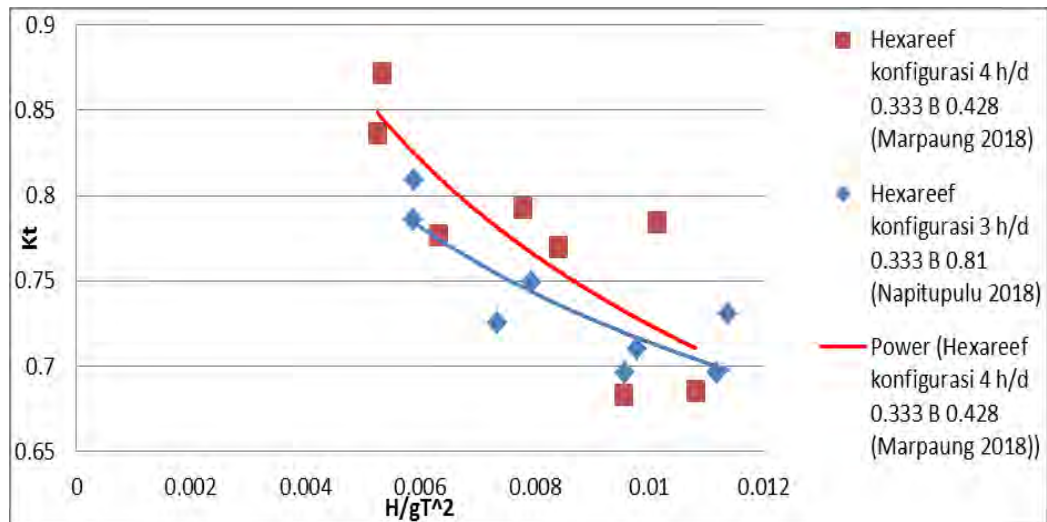
Terumbu buatan bentuk hexagonal (*hexareef*) lebih efektif dalam meredam gelombang yang dapat dilihat pada gambar 4.11 agar lebih jelas. *Hexareef* Winarto (2016) dengan konfigurasi A1 lebih efektif meredam gelombang sebelum nilai H/gT^2 mencapai 0.008, namun bila sudah melewati nilai H/gT^2 0.008 maka *hexareef* Marpaung (2018) dengan konfigurasi 4 lebih efektif dalam meredam gelombang.

Perlu juga adanya perbandingan hexareef antara konfigurasi dengan gap dan tanpa gap. Perbandingan dilakukan antar penelitian hexareef milik Marpaung (2018) dengan konfigurasi 4 dengan gap $0.75 d$ dengan penelitian hexareef yang dilakukan oleh Napitupulu (2018) yang pada saat itu sedang menyelesaikan tugas akhir masing-masing. Tujuan konfigurasi dengan gap sendiri adalah untuk menghemat penggunaan material hexareef, dimana pada konfigurasi 4 yang dilakukan oleh penulis memiliki lebar susunan yang hampir sama dengan 6 lebar susunan hexareef tanpa gap yang dilakukan oleh Napitupulu (2018) pada konfigurasi 3.



Gambar 4. 12 Ilustrasi perbandingan lebar susunan hexareef

Konfigurasi 4 dengan gap $0.75 d$ yang dilakukan oleh peneliti bila dihitung lebar dengan cara perhitungan yang biasa bukan dengan perhitungan lebar efektif memiliki lebar susunan 6.25 dari sebuah hexareef, oleh sebab itu akan dilakukan perbandingan dengan konfigurasi 3 hexareef Napitupulu (2018) yang memiliki susunan hexareef 6 buah agar lebih jelas dapat dilihat pada gambar 4.12 dan gambar 4.13.



Gambar 4. 13 Perbandingan hexareef dengan gap Marpaung (2018) dan tanpa gap Napitupulu (2018)

Daya redam gelombang yang dilihat dari koefisien transmisi pada perbandingan tersebut memiliki perbedaan yang bisa dikatakan hanya sedikit yang dapat dilihat pada gambar 4.13 agar lebih jelas. Koefisien transmisi *hexareef* dengan gap milik Marpaung (2018) pada konfigurasi 4 (gap 0.75 d) berada antara 0.683-0.837, sedangkan koefisien transmisi *hexareef* tanpa gap milik Napitupulu (2018) berada antara 0.696-0.809. Dalam merealisasikan *submerged breakwater hexareef* konfigurasi dengan gap tidak memiliki perbedaan jauh dalam efektifitas meredam gelombang namun sangat menghemat penggunaan material dari *hexareef*.

4.5 Pembahasan

Dari analisa yang data yang telah dilakukan dengan menggunakan gelombang irregular nilai koefisien transmisi dipengaruhi oleh beberapa parameter seperti *wave steepness* (H/gT^2) dan lebar puncak relatif (B/gT^2). Nilai koefisien transmisi tidak hanya dipengaruhi oleh itu saja, namun juga dipengaruhi oleh parameter rasio tinggi susunan (h/d) dan juga freeboard namun pada pengujian dan analisa kali ini tidak melakukan perbedaan tinggi struktur ataupun variasi konfigurasi vertikal sehingga tidak ada perubahan pada nilai rasio tinggi susunan dan juga freeboard. Nilai koefisien transmisi juga dipengaruhi oleh parameter berdimensi yaitu H (tinggi gelombang) dan T (periode gelombang) agar lebih jelas dapat dilihat pada lampiran hubungan koefisien transmisi.

Semakin tinggi suatu gelombang maka koefisien transmisinya akan semakin besar juga, hal ini disebabkan karena semakin tinggi suatu gelombang maka lembah gelombang tersebut akan semakin dekat dengan puncak struktur dan akan mengalami gaya gesek yang besar sehingga energi gelombang juga akan tereduksi semakin besar begitu juga sebaliknya. Semakin kecil tinggi gelombang maka koefisien transmisi akan semakin besar, hal ini karena lembah gelombang sangat jauh dengan puncak struktur sehingga gaya gesek antara keduanya sedikit yang mengakibatkan energi gelombang yang tereduksi semakin kecil, agar lebih jelas dapat dilihat pada lampiran E hubungan koefisien transmisi dengan tinggi gelombang dan periode..

Untuk hubungan periode gelombang dengan koefisien transmisi juga sama dengan hubungan tinggi gelombang dengan koefisien transmisi. Jika periode gelombang semakin besar maka nilai koefisien transmisi semakin kecil, dikarenakan semakin besar periode suatu gelombang maka panjang suatu gelombang akan semakin panjang sehingga gaya gesek yang terjadi antara gelombang dan lebar puncak struktur gelombang akan semakin besar sehingga gelombang akan tereduksi semakin besar. Sebaliknya periode gelombang semakin kecil, maka panjang gelombang akan semakin pendek sehingga gaya gesek antara gelombang dengan lebar puncak struktur akan semakin kecil yang menyebabkan energi gelombang yang tereduksi semakin kecil pula dan koefisien transmisi akan semakin besar, agar lebih jelas dapat dilihat pada lampiran E hubungan koefisien transmisi dengan tinggi gelombang dan periode..

Nilai koefisien transmisi akan berbanding terbalik dengan *wave steepness*, semakin tinggi *wave steepness* maka koefisien transmisi semakin kecil dan begitu juga sebaliknya semakin kecil *wave steepness* maka akan semakin besar koefisien transmisi hal ini disebabkan oleh semakin tinggi *wave steepness* maka menyebabkan suatu gelombang menjadi tidak stabil dan akan sangat mudah pecah.

Namun hal tersebut berbeda dengan lebar puncak relatif, dimana berbanding lurus dengan koefisien transmisi. Karena semakin besar nilai lebar puncak relatif (B/gT^2) maka nilai koefisien transmisi juga akan semakin besar, karena lebar puncak relatif dipengaruhi oleh periode gelombang, semakin besar

periode gelombang maka energi gelombang juga akan semakin besar dan menyebabkan energi tereduksi semakin besar juga serta koefisien transmisi semakin kecil.

Dari beberapa konfigurasi yang dilakukan uji coba, konfigurasi terbaik dalam mereduksi energi gelombang adalah konfigurasi 4. Konfigurasi tersebut dapat mereduksi energi gelombang sebesar 53.333% pada saat uji coba tinggi gelombang $H = 0.5$ dan periode gelombang $T = 1.3$ m

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari analisa yang telah dilakukan adalah :

1. Energi yang tereduksi paling besar pada *hexareef* yaitu pada saat konfigurasi 4 dengan susunan horizontal dengan gap 0.75 d sebesar 53.33%.
2. Nilai koefisien terkecil yang dihasilkan oleh *hexareef* adalah 0.683 pada konfigurasi 4.
3. Berdasarkan grafik hubungan didapatkan semakin besar *wave steepness* (H/gT^2) maka semakin kecil nilai koefisien transmisinya, begitu juga sebaliknya. Dan semakin besar nilai lebar puncak relatif (B/gT^2), maka semakin besar nilai koefisien transmisinya.

5.2 Saran

Saran dari penulis untuk penelitian selanjutnya yaitu :

1. Lakukan penelitian dengan variasi kedalaman (d) dan *freeboard* (F)
2. Lakukan penelitian dengan variasi banyak lubang pada struktur
3. Lakukan penelitian untuk stabilitas struktur
4. Perlu dilakukan analisa spektrum

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- Abrori, I.Z. 2009. *Pengaruh Freeboard Terumbu Karang Buatan Bentuk Silinder Berongga Sebagai Breakwater Terbenam Dalam Mereduksi Gelombang*. Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Prasarana Wilayah.
- Akhwady, Rudhy., Mukhtasor., Armono, H.D., Musta'in, Mahmud. 2012. *Pengaruh Beda Porositas Terumbu Buatan Bentuk Silinder Berongga (Bottle Reef) Sebagai Submerged Breakwater Terhadap Kinerja Peredaman Gelombang*. Jurnal Kelautan Nasional Vol 17 No 2 Juni, Balitbang KKP RI.
- Amenan, M. (2008). *Stabilitas Terumbu Buatan Bentuk Kubus Berongga Terhadap Gelombang*. Thesis. Fakultas Teknologi Kelautan ITS, Surabaya.
- Armono, H.D. 1999. *Flow Field Around Single And Multiple Hollow Hemispherical Artificial Reefs Used For Fish Habitat*. Thesis. Faculty of Engineering and Applied Science. Memorial University of Newfoundland. August. 1999.
- Armono, H D., Hall, K.R. 2003. *Wave Transmission On Submerged Breakwaters Made Of Hollow Hemispherical Shape Artificial Reefs*. Coastal, Estuary and Offshore Engineering Specialty Conference of The Canadian Society for Civil Engineering.
- Armono, H.D. 2004. *A Two Dimensional Hydrodynamic Model in the Vicinity of Artificial Reefs*. Paper presented for PIT XXI – HATHI, Denpasar, 2004.
- Armono, H.D. 2006. *The Study of Parameter Influence on Wave Transmission Through Hemispherical Artificial Reefs*, Ocean Engineering Department ITS, Surabaya.
- Bhattacharyya. 1972. *Dynamic of Marine Vehicles*, a Wiley Interscience Publication, John Wiley&Sons, New York.
- CERC. 1984. *Shore Protection Manual*. Department of The Army Waterway Experiment Station, Corps of Engineering Research Center, Fourth Edition, US Government Printing Office, Washington.

- Dean, Robert G., Robert A. Dalrymple. 1991. *Water Wave Mechanic for Engineer and Scientist. Advanced Series on Ocean Engineering - Volume 2*, World Scientific. Singapore.
- Djarmiko, E. B. 2012. *Perilaku dan Operabilitas Bangunan Laut di Atas Gelombang Acak*. ITS press.
- Harris. 2002. *Submerged Reef Structures for Habitat Enhancement and Shoreline Erosion Abatement*. U.S. Army Corps of Engineers Coastal & Hydraulic Engineering Technical Note (CHETN), Vicksburg, Mississippi.
- Harris, L.E. 2003. *Submerged Reef Structures for Beach Erosion Control*, 3rd International Coastal Conference, Embassy Suites, Portland, Oregon.
- Hughes, S.A. 1993. *Physical Models and Laboratory Techniques in Coastal Engineering*. First edition, World Scientific. Singapore. p. 177-182.
- Jensen, A., Collins, K., and Lockwood. 2000. *Introduction and Background to Artificial Reef in European Seas*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, London.
- Napitupulu, L.H. 2018. *Penelitian Gelombang Transmisi Pada Terumbu Buatan Dengan Bentuk Hexagonal (Hexareef) Dengan Pengaruh Konfigurasi Horizontal*. Tugas Akhir. Teknik Kelautan FTK-ITS.
- Nontji, A. 1999. *Coral Reef of Indonesia : Past, Present and Future*, Indonesia Institute of Science, Jakarta.
- Rachmawati, R. 2001. *Terumbu Buatan (Artificial Reef)*. Pusat Riset Teknologi Kelautan, Badan Riset Kelautan dan Perikanan Departemen Kelautan dan Perikanan.
- Sidek, F.J. & M.A. Wahab. 2007. *The Effects of Porosity of Submerged BW Structures on Non Breaking Wave Transformations*. Malay. J. Civ. Eng., 19(1): 17–25.
- Suharsono. 12 Juni 2017. *Mayoritas Kondisi Terumbu Karang di Indonesia Buruk*. Diakses 15 Januari 2018 dari <http://lipi.go.id/lipimedia/Mayoritas-Kondisi-Terumbu-Karang-di-Indonesia-Buruk/18448>
- Supriharyono. 2000. *Pengelolaan Ekosistem Terumbu Karang*, Djambatan, Jakarta.
- Triatmodjo. 2011. *Perencanaan Bangunan Pantai*. Beta Offset Yogyakarta.

- White, A.T., Ming, C.L., de Silva, M.W.R.N., dan Guarin, F.Y. 1990. *Artificial Reefs for Marine Habitat Enhancement in Southeast Asia*, ASEAN/USCRMP, Manila Philippines, p.45.
- Winarto, A. 2017. *Pengaruh Konfigurasi Terumbu Buatan Bentuk Hexagonal Pada Transmisi Gelombang*. Tugas Akhir. Teknik Kelautan FTK-ITS.
- Yuwono, N. 1996. *Artificial Reef as an Alternative Beach Protection*, Proceedings of the 10th Congress of Asian and Pacific Division of IAHR, Langkawi, Malaysia, pp. 553-559.
- Yuwono, Nur, Nizam dan Mundra, I.W. 1997. Studi Model Fisik Stabilitas dan Unjuk Kerja Reef Buatan Pada Perlindungan Pantai. Kumpulan Naskah Ilmiah Teknik Pantai dan Pelabuhan. PAU Ilmu Teknik UGM Jogjakarta.

LAMPIRAN

LAMPIRAN

A. Dokumentasi



Pembuatan model



Pembuatan dan pemasangan platform



Pengisian air Flumetank



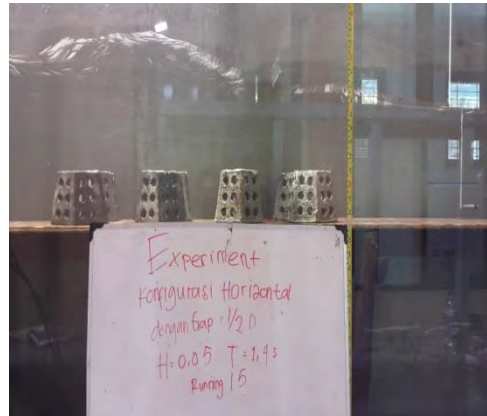
Proses penempatan probe



Proses kalibrasi dan probe yang digunakan saat kalibrasi



Hexareef yang siap diuji



Proses running model Hexareef



Kegembiraan setelah semua uji coba selesai

LAMPIRAN

B. Input MATLAB

HOME PLOTS APPS

New Script New Open Find Files Import Data Save Workspace New Variable Open Variable Analyze Code Run and Time Simulink Library Layout Set Path Preferences Help Community Request Support Add-Ons

FILE VARIABLE CODE SIMULINK ENVIRONMENT RESOURCES

F:\Paungg\Notepad\Dengan Gap\1\p1p2\9000\notepad wavan matlab

Current Folder

Name

wavan.m
speccalc.m
klr15b.txt
klr15a.txt
klr14b.txt
klr14a.txt
klr13b.txt
klr13a.txt
klr12b.txt
klr12a.txt
klr11b.txt
klr11a.txt
klr10b.txt

Details

Workspace

Name	Value	Min
A	1x11 double	0.0056
ans	0.0400	0.0400
B	1x11 double	0.0238
bd	-0.0056	-0.0056
bhd	-0.7466	-0.7466
bhu	-0.7258	-0.7258
bin	1.9197	1.9197
c	1x11 double	0.0238

Command Window

New to MATLAB? Watch this [Video](#), see [Examples](#), or read [Getting Started](#).

Wave Analysis

INPUT

enter input filename klr5a.txt
Enter Number of Columns in Input File: 2
Enter No. of Points (Multiple of 8): 9000
Do you want plots? - Yes=1, No=0: 1
Remove Mean (1) or Trend (2)?: 2
Enter Desired Resolution, M: 5

Enter Number of Bins for Histogram: 5

Basic Output

Mean Water Level = -0.0946 centimetres
Water Level Trend = 0.00304 cm/s
Sigma = 1.484 centimetres

Wave Statistics

Up-Crossing (1), Down-Crossing (2) or Average (3)?: 1

LAMPIRAN

C. Tabel Perhitungan

PERHITUNGAN TABEL KONFIGURASI 1

Konfigurasi	Input		Tercatat				Energi	Energi	Energi	Energi	Kt	Hi/gT^2	B	d	h	F	B/gT^2	h/d	h/B
	H input	Periode (T)	Hi	Periode (T)	Ht	Periode (T)	Datang	Transmisi	Hilang	Hilang			(m)	(m)	(m)	(m)			
	(m)	(s)	(m)	(s)	(m)	(s)	(Joule)	(Joule)	(Joule)	Persen									
1 (no gap)	0.02	1.10	0.05	0.96	0.04	1.11	3.41	2.26	1.16	33.90	0.81	0.006	0.53	0.30	0.10	0.20	0.06	0.33	0.19
	0.02	1.20	0.05	0.89	0.04	1.04	2.76	2.02	0.74	26.70	0.86	0.006	0.53	0.30	0.10	0.20	0.07	0.33	0.19
	0.03	1.20	0.09	1.22	0.07	1.11	9.00	6.07	2.94	32.62	0.82	0.006	0.53	0.30	0.10	0.20	0.04	0.33	0.19
	0.04	1.20	0.12	1.08	0.10	1.11	16.57	11.13	5.44	32.83	0.82	0.010	0.53	0.30	0.10	0.20	0.05	0.33	0.19
	0.06	1.20	0.16	1.22	0.11	1.15	30.51	14.92	15.59	51.09	0.70	0.011	0.53	0.30	0.10	0.20	0.04	0.33	0.19
	0.04	1.30	0.11	1.18	0.09	1.11	15.61	9.56	6.06	38.79	0.78	0.008	0.53	0.30	0.10	0.20	0.04	0.33	0.19
	0.05	1.30	0.15	1.18	0.11	1.15	25.79	14.27	11.52	44.66	0.74	0.011	0.53	0.30	0.10	0.20	0.04	0.33	0.19
	0.05	1.40	0.14	1.24	0.11	1.09	25.62	15.21	10.41	40.64	0.77	0.010	0.53	0.30	0.10	0.20	0.04	0.33	0.19

PERHITUNGAN TABEL KONFIGURASI 2

Konfigurasi	Input		Tercatat				Energi	Energi	Energi	Energi	Kt	Hi/gT^2	B	d	h	F	B/gT^2	h/d	h/B
	H input	Periode (T)	Hi	Periode (T)	Ht	Periode (T)	Datang	Transmisi	Hilang	Hilang			(m)	(m)	(m)	(m)			
	(m)	(s)	(m)	(s)	(m)	(s)	(Joule)	(Joule)	(Joule)	Persen									
2 (gap 0,25d)	0.02	1.10	0.05	0.96	0.04	1.11	3.51	2.29	1.22	34.75	0.81	0.006	0.43	0.30	0.10	0.20	0.05	0.33	0.23
	0.02	1.20	0.05	0.95	0.04	0.85	3.32	2.27	1.05	31.56	0.83	0.006	0.43	0.30	0.10	0.20	0.05	0.33	0.23
	0.03	1.20	0.08	1.24	0.06	1.11	7.69	4.75	2.94	38.21	0.79	0.005	0.43	0.30	0.10	0.20	0.03	0.33	0.23
	0.04	1.20	0.11	1.24	0.09	1.11	16.01	8.89	7.12	44.48	0.75	0.008	0.43	0.30	0.10	0.20	0.03	0.33	0.23
	0.06	1.20	0.16	1.09	0.11	1.09	30.38	15.71	14.67	48.29	0.72	0.013	0.43	0.30	0.10	0.20	0.04	0.33	0.23
	0.04	1.30	0.12	1.18	0.09	1.11	17.56	9.95	7.61	43.31	0.75	0.009	0.43	0.30	0.10	0.20	0.03	0.33	0.23
	0.05	1.30	0.14	1.18	0.10	1.15	24.12	12.12	12.00	49.74	0.71	0.010	0.43	0.30	0.10	0.20	0.03	0.33	0.23
	0.05	1.40	0.14	1.24	0.11	1.65	23.72	13.82	9.90	41.73	0.76	0.009	0.43	0.30	0.10	0.20	0.03	0.33	0.23

PERHITUNGAN TABEL KONFIGURASI 3

Konfigurasi	Input		Tercatat				Energi	Energi	Energi	Energi	Kt	Hi/gT^2	B	d	h	F	B/gT^2	h/d	h/B
	H input	Periode (T)	Hi	Periode (T)	Ht	Periode (T)	Datang	Transmisi	Hilang	Hilang			(m)	(m)	(m)	(m)			
	(m)	(s)	(m)	(s)	(m)	(s)	(Joule)	(Joule)	(Joule)	Persen									
3 (gap 0,5d)	0.02	1.10	0.05	0.98	0.04	1.11	3.55	2.39	1.16	32.60	0.82	0.006	0.43	0.30	0.10	0.20	0.05	0.33	0.23
	0.02	1.20	0.05	1.04	0.05	1.04	3.51	2.63	0.88	25.10	0.87	0.005	0.43	0.30	0.10	0.20	0.04	0.33	0.23
	0.03	1.20	0.09	1.08	0.07	1.11	9.51	6.04	3.48	36.53	0.80	0.008	0.43	0.30	0.10	0.20	0.04	0.33	0.23
	0.04	1.20	0.12	1.24	0.09	1.11	18.56	10.33	8.23	44.33	0.75	0.008	0.43	0.30	0.10	0.20	0.03	0.33	0.23
	0.06	1.20	0.16	1.24	0.11	1.13	30.27	14.45	15.82	52.28	0.69	0.010	0.43	0.30	0.10	0.20	0.03	0.33	0.23
	0.04	1.30	0.12	1.18	0.09	1.11	17.84	10.32	7.52	42.16	0.76	0.009	0.43	0.30	0.10	0.20	0.03	0.33	0.23
	0.05	1.30	0.14	1.18	0.10	1.09	25.30	13.17	12.13	47.93	0.72	0.010	0.43	0.30	0.10	0.20	0.03	0.33	0.23
	0.05	1.40	0.15	1.24	0.11	1.65	25.85	14.16	11.69	45.21	0.74	0.010	0.43	0.30	0.10	0.20	0.03	0.33	0.23

PERHITUNGAN TABEL KONFIGURASI 4

Konfigurasi	Input		Tercatat				Energi	Energi	Energi	Energi	Kt	Hi/gT^2	B	d	h	F	B/gT^2	h/d	h/B
	H input	Periode (T)	Hi	Periode (T)	Ht	Periode (T)	Datang	Transmisi	Hilang	Hilang			(m)	(m)	(m)	(m)			
	(m)	(s)	(m)	(s)	(m)	(s)	(Joule)	(Joule)	(Joule)	Persen									
4 (gap 0,75d)	0.02	1.10	0.06	1.04	0.05	1.04	3.95	3.01	0.95	23.96	0.87	0.005	0.42	0.30	0.10	0.20	0.04	0.33	0.24
	0.02	1.20	0.06	1.04	0.05	1.04	3.83	2.68	1.15	30.02	0.84	0.005	0.42	0.30	0.10	0.20	0.04	0.33	0.24
	0.03	1.20	0.09	1.18	0.07	1.00	9.31	5.62	3.69	39.62	0.78	0.006	0.42	0.30	0.10	0.20	0.03	0.33	0.24
	0.04	1.20	0.12	1.18	0.09	1.08	16.41	9.73	6.68	40.73	0.77	0.008	0.42	0.30	0.10	0.20	0.03	0.33	0.24
	0.06	1.20	0.16	1.22	0.11	1.08	31.00	14.58	16.42	52.97	0.69	0.011	0.42	0.30	0.10	0.20	0.03	0.33	0.24
	0.04	1.30	0.12	1.08	0.09	1.08	16.39	10.09	6.31	38.48	0.78	0.010	0.42	0.30	0.10	0.20	0.04	0.33	0.24
	0.05	1.30	0.14	1.24	0.10	1.11	25.57	11.93	13.64	53.33	0.68	0.010	0.42	0.30	0.10	0.20	0.03	0.33	0.24
	0.05	1.40	0.12	1.24	0.09	1.65	17.07	10.72	6.34	37.16	0.79	0.008	0.42	0.30	0.10	0.20	0.03	0.33	0.24

PERHITUNGAN TABEL KONFIGURASI 5

Konfigurasi	Input		Tercatat				Energi	Energi	Energi	Energi	Kt	Hi/gT^2	B	d	h	F	B/gT^2	h/d	h/B
	H input	Periode (T)	Hi	Periode (T)	Ht	Periode (T)	Datang	Transmisi	Hilang	Hilang			(m)	(m)	(m)	(m)			
	(m)	(s)	(m)	(s)	(m)	(s)	(Joule)	(Joule)	(Joule)	Persen									
5 (gap 1d)	0.02	1.10	0.05	1.08	0.04	1.08	3.57	2.43	1.14	31.91	0.83	0.005	0.42	0.30	0.10	0.20	0.04	0.33	0.24
	0.02	1.20	0.05	0.96	0.05	1.11	3.56	2.50	1.06	29.72	0.84	0.006	0.42	0.30	0.10	0.20	0.05	0.33	0.24
	0.03	1.20	0.09	1.11	0.07	1.11	9.68	6.49	3.19	33.00	0.82	0.007	0.42	0.30	0.10	0.20	0.03	0.33	0.24
	0.04	1.20	0.12	1.24	0.09	1.11	18.61	10.93	7.67	41.24	0.77	0.008	0.42	0.30	0.10	0.20	0.03	0.33	0.24
	0.06	1.20	0.16	1.24	0.11	1.08	31.40	15.35	16.05	51.10	0.70	0.011	0.42	0.30	0.10	0.20	0.03	0.33	0.24
	0.04	1.30	0.12	1.18	0.09	1.11	18.47	10.85	7.62	41.25	0.77	0.009	0.42	0.30	0.10	0.20	0.03	0.33	0.24
	0.05	1.30	0.15	1.24	0.11	1.08	25.98	15.43	10.55	40.59	0.77	0.010	0.42	0.30	0.10	0.20	0.03	0.33	0.24
	0.05	1.40	0.13	1.24	0.10	1.65	21.87	12.21	9.66	44.16	0.75	0.009	0.42	0.30	0.10	0.20	0.03	0.33	0.24

LAMPIRAN

D. Perbandingan Perhitungan MATLAB dengan Manual

Perhitungan Matlab

>> wavan

rms Wave Height = 4.0665 centimetres
Average of Highest 1/10 = 7.1421 centimetres
Sigmaz = 1.1219 centimetres

Program WAVAN

Wave Analysis

For the Raw Spectrum

INPUT

fmin = 0.0313 Hz
Sigma = 1.4249 cm
S(p) = 10.9709 cm²/Hz
f(p) = 0.8438 Hz
T(p) = 1.1852 sec

enter input filename k1r5a.txt
Enter Number of Columns in Input File: 2
Enter No. of Points (Multiple of 8): 1600
Do you want plots? - Yes=1, No=0: 0
Remove Mean (1) or Trend (2)?: 2
Enter Desired Resolution, M: 5

Variance = 2.0303 cm²
Long Wave Variance = 0.0171 cm²
Short Wave Variance = 2.0133 cm²

Enter Number of Bins for Histogram: 5

Hmo = 5.70 cm
Long Wave Hmo = 0.52 cm
Short Wave Hmo = 5.68 cm

Basic Output

Mean Water Level = -0.0891 centimetres
Water Level Trend = 0.00476 cm/s
Sigma = 1.425 centimetres

First Moment = 2.58695 centimetres
Second Moment = 7.80015 centimetres
Third Moment = 88.86815 centimetres
Fourth Moment = 1601.14385 centimetres
Epsilon Squared = 0.98 centimetres
T(0,1) = 0.78 centimetres
T(0,2) = 0.51 centimetres

Wave Statistics

Up-Crossing (1), Down-Crossing (2) or Average (3)?: 1

For the Spectrum with Defined Resolution

Number of Waves = 36
Average Wave Period = 0.8889 seconds
Significant Wave Height = 5.8098 centimetres
Maximum Wave Height = 8.4019 centimetres
Average Wave Height = 3.5217 centimetres

resolution = 0.1563 Hz
Sigma = 1.4235 cm
S(p) = 3.3850 cm²/Hz
f(p) = 1.0000 Hz

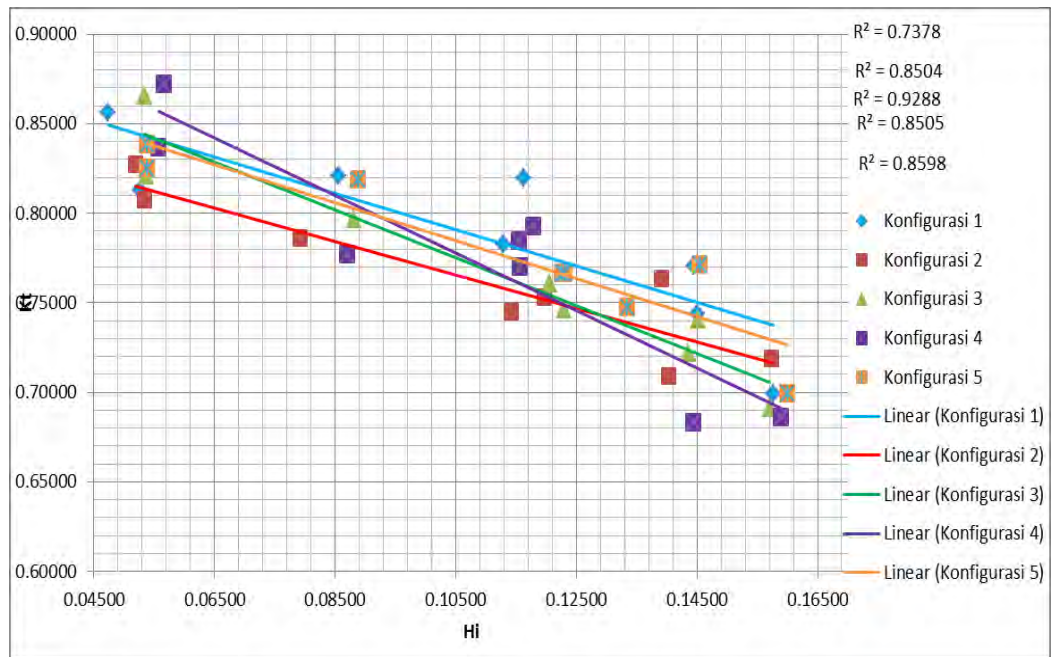
Perhitungan Manual

No	H (cm)	T (s)
1	8.424	0.954
2	7.841	1.005
3	7.100	0.943
4	6.612	0.891
5	5.820	1.132
6	5.621	1.057
7	5.414	0.865
8	5.323	1.089
9	5.122	0.820
10	5.015	0.875
11	4.719	0.925
12	4.707	0.947
13	4.035	1.102
14	3.819	0.787
15	3.795	1.197
16	3.424	1.308
17	3.406	1.095
18	3.306	1.310
19	3.015	0.673
20	2.826	1.330
21	2.818	0.585
22	2.805	1.109
23	2.617	1.061
24	2.532	1.001
25	2.414	1.205
26	2.234	0.840
27	2.231	0.869
28	2.217	0.767
29	2.019	0.875
30	1.512	1.190
31	1.305	0.975
32	1.105	0.571
33	0.916	0.817

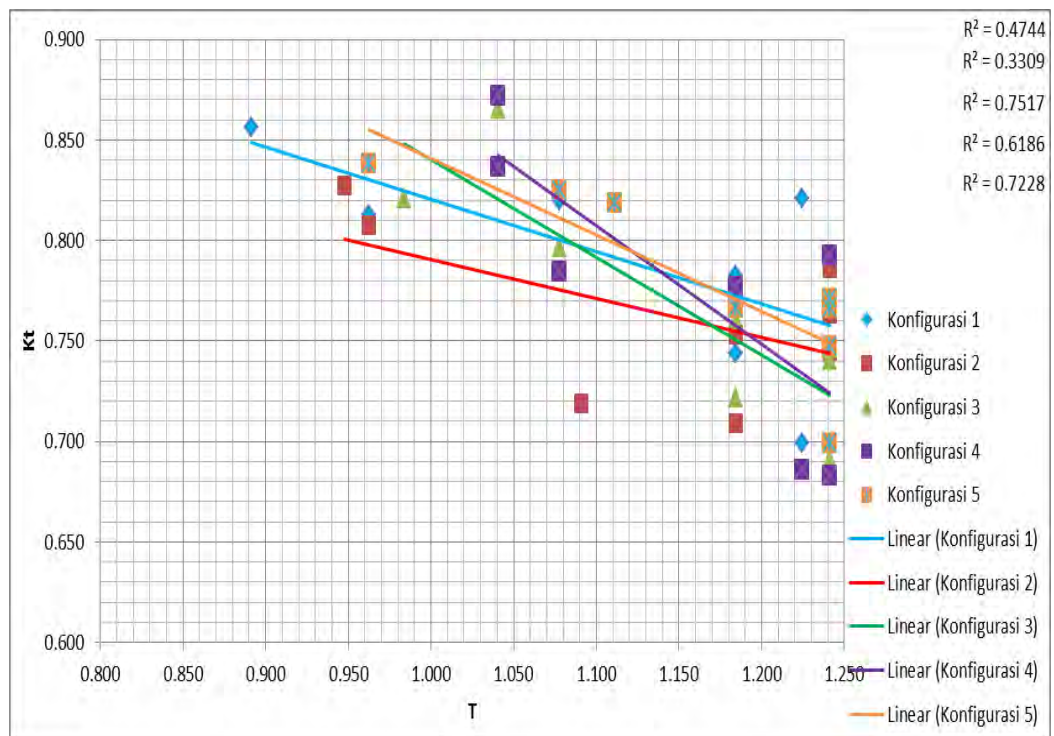
$$\begin{aligned}
 n &= 32 \text{ gelombang} \\
 n^{1/3} &= 10.6667 = 11 \text{ gelombang} \\
 n^{1/10} &= 3.2 = 3 \text{ gelombang} \\
 H_s &= \sqrt{17.972} \text{ cm} \\
 T_s &= \sqrt{1.33463} \text{ s} \\
 H_{1/10} &= \sqrt{21.5872} \text{ cm} \\
 H_{rms} &= (1/n(\text{jumlah } H^2))^{0.5} \\
 &= 2.24826 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

LAMPIRAN

E. Hubungan Koefisien Transmisi dengan Tinggi dan Periode Gelombang



Hubungang Koefisien Transmisi Dengan Tinggi Gelombang



Hubungang Koefisien Transmisi Dengan Periode Gelombang

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BIODATA PENULIS



Kevin Kurnia Marpaung dilahirkan di Pringsewu, 17 Mei 1995, merupakan anak kedua dari empat bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Fransiskus Gisting, SD Fransiskus 1 Tanjung Karang Pusat, SMP Negeri 2 Bandar Lampung dan SMA Negeri 2 Bandar Lampung. Setelah lulus dari SMA Negeri 2 Bandar Lampung pada tahun 2013, penulis mengikuti SNMPTN dan diterima di Departemen Teknik Kelautan FTK ITS

pada tahun 2013 dan terdaftar dengan NRP 4313100052. Di Departemen Teknik Kelautan penulis memilih bidang studi Rekayasa Perlindungan Pantai (*Coastal Engineering*). Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif di beberapa kegiatan kemahasiswaan, seperti Staf Departemen Media Informasi dari Himpunan Mahasiswa Teknik Kelautan (HIMATEKLA) tahun 2014-2015, Kepala Divisi Departemen Dalam Negeri dari HIMATEKLA tahun 2015-2016 dan Koordinator IC 2015-2016. Selama kuliah, penulis melakukan kerja praktek selama 2 bulan di PT. SWI Jetty Nusantara dengan membahas proses pemancangan tiang pancang jetty dengan menggunakan kapal tongkang serta mengenai perbaikan dan perawatan peralatan. Apabila ingin menanyakan mengenai tugas akhir ini, dapat menghubungi penulis pada alamat email kevinkurniamarpaung@gmail.com.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

